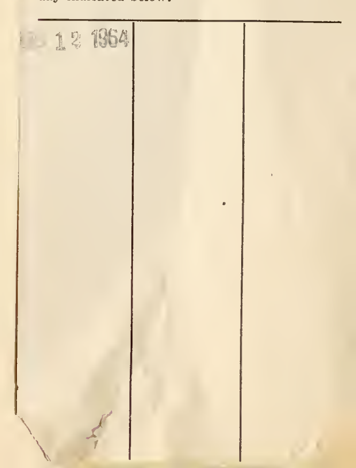




DER FLACHSSTENGEL.



DER FLACHSSTENGEL.

EINE STATISTISCH-ANATOMISCHE MONOGRAPHIE

VON

TINE TAMMES.

Aus dem Botanischen Laboratorium der Universität Groningen.

Natuurkundige Verhandelingen van de Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen.
Derde Verzameling, Deel VI, Vierde Stuk.

HAARLEM.
DE ERVEN LOOSJES.
1907.



INHALTSÜBERSICHT.



EINLEITUNG.

Unter den Kulturpflanzen in den Niederlanden nimmt der Flachs, *Linum usitatissimum Linn.*, eine ganz besondere Stellung ein. Er stellt mehr als irgend eine andere angebaute Pflanze ausserordentliche Anforderungen an Boden und Klima. Wenn diesen Anforderungen nicht genügt wird, wenn die Bodenbeschaffenheit nicht vollkommen geeignet ist, oder wenn ungünstige Witterungsverhältnisse obwalten, ist der Ertrag der Ernte gering und das Gewächs von geringem Wert. Es wundert uns deshalb nicht, dass nur ein verhältnismässig kleiner Teil unseres Landes sich für den Flachsbau eignet und dass die Erfahrung dem Landwirt seit langer Zeit gelehrt hat, dass der Flachs sehr viele Fehljahre aufweist und immer wieder nach einigen wenigen Jahren eine durch verschiedene Ursachen veranlasste Missernte gibt. Aber in noch ganz anderer Hinsicht underscheidet der Lein sich von den anderen Kulturpflanzen und infolgedessen ist der Anbau in unserem Lande mit eigentümlichen Schwierigkeiten verbunden. Die Leinsaat kann hier von den Landwirten selbst nicht gezogen werden; diese sind gezwungen jedes Jahr oder höchstens nach zwei oder drei Jahren die Saat aus den russischen Ostseeprovinzen zu beziehen. Wenn der Lein hier in den Niederlanden aus selbstgewonnenem Samen kultiviert wird, degeneriert die Pflanze sehr bald und verliert in einigen wenigen Jahren ganz und gar ihren Wert als Faserpflanze. Schliesslich erhält man ein Gewächs, das der ursprünglichen Kulturpflanze gar nicht mehr gleicht. Noch neuerdings hat D. R. Mansholt [1]) diese Erscheinung in seinem Aufsatz über die Flachskultur erwähnt.

Die Pflanze, wie sie hier ihrer Faser wegen angebaut wird, hat also sehr merkwürdige, äusserst labile Eigenschaften. Es ist deshalb von hervorragender Bedeutung diese ökonomisch so wichtige Pflanze gründlich kennen

[1]) D. R. Mansholt, Gutsbesitzer. Flachskultur in Deutschland und in Holland. Deutsche Landw. Presse, Jahrg. XXXIII, No. 57 und 58.

zu lernen durch das Studium ihrer Merkmale und durch die Untersuchung der Ursachen, welche die eigentümlichen, ihre Kultur kennzeichnenden Erscheinungen veranlassen.

Der Zweck dieser Arbeit ist einen Beitrag zur Kenntnis der Leinpflanze zu liefern. Man wird in derselben zwar keine bestimmten Andeutungen finden um die Praxis der Flachskultur unmittelbar zu fördern. Das darf man von einer ganz vom wissenschaftlich botanischen Standpunkt unternommenen Arbeit nicht erwarten. Aber wenn man die Pflanze mehr und mehr kennen lernt, wenn ihre Merkmale auf wissenschaftlichem Wege genauer studiert sind und die Erscheinungen, welche bei der Kultur auftreten, erklärt werden, dann wird später der Landwirt ohne Zweifel seinen Vorteil daraus ziehen können um einige Schwierigkeiten der Kultur und des Samenwechsels zu überwinden.

Ich habe mich in vorliegender Arbeit vornehmlich dem Studium des Stengels gewidmet. Weil aber eine Kulturpflanze Gegenstand der Untersuchung ist, glaube ich, dass es von einiger Wichtigkeit ist, ehe ich an die Beschreibung der eigentlichen Untersuchung heranschreite, zuvor mitzuteilen was von der Geschichte ihrer Kultur bekannt ist. Weiter werde ich auch ihre Abstammung und ihre Verwandtschaft zu anderen *Linum*arten besprechen, das heisst die systematische Stellung, die der angebaute Flachs innerhalb der Familie der *Linaceae* einnimmt.

Im ersten Kapitel habe ich deshalb eine kritische Übersicht gegeben von dem, was sich in der Literatur über die Abstammung des kultivierten Leins findet, und dann einiges mitgeteilt aus der Geschichte der Kultur, nämlich welche Ansichten man über den Ort des Ursprungs der Kultur und die Verbreitung derselben geäussert hat.

Im zweiten Kapitel habe ich durch Vergleichung der systematischen Merkmale des kultivierten Leins mit denen der am meisten mit demselben übereinstimmenden wilden Leinarten seine systematische Stellung zu bestimmen versucht und weiter studiert, bei welchen Merkmalen der Kulturpflanze die fluktuierende Variabilität in den Vordergrund tritt und bei welchen der mutative Charakter. Zudem habe ich die verschiedenen bekannten Formen, die Varietäten oder Rassen besprochen.

Die folgenden fünf Kapitel enthalten die eigentliche Untersuchung. Ich studierte die Entwicklungsgeschichte des Stengels und die makroskopischen und mikroskopischen Merkmale desselben. Bei der mikroskopischen Untersuchung des Stengels habe ich mich insbesondere mit den Merkmalen der Faser beschäftigt und mit den Beziehungen, welche zwischen ihren Merkmalen und denen des Stengels bestehen. Weiter habe ich durch Kulturversuche den

Einfluss studiert, welchen äussere Bedingungen, wie Nahrung u. s. w. auf die Merkmale des Stengels und der Faser und auf die Beziehungen zwischen diesen Merkmalen ausüben. Ich habe in dieser Arbeit zuerst die makroskopischen Merkmale behandelt und darauf den mikroskopischen Teil der Untersuchung. Es würde scheinbar mehr auf der Hand liegen zuerst die Entwicklungsgeschichte der Pflanze zu beschreiben, und nachdem gezeigt worden ist wie der Stengel sich ausbildet, die äusserlichen Merkmale des erwachsenen Stengels zu behandeln. Es würde dann die mikroskopische Untersuchung dem Studium der makroskopischen Merkmale vorangeschickt worden sein. Im vorliegenden Fall aber hat es sich als viel geeigneter erwiesen mit der Besprechung der makroskopischen Merkmale der erwachsenen Pflanze anzufangen und dann die Entwicklungsgeschichte und die mikroskopischen Eigenschaften zu behandeln. Bei der mikroskopischen Untersuchung des Stengels und insbesondere der Faser habe ich nämlich sehr oft die Ergebnisse des Studiums der makroskopischen Eigenschaften des Stengels verwenden müssen, namentlich um die Beziehungen zwischen den Merkmalen der Faser und denen des Stengels richtig vorstellen zu können. Deshalb war ich gezwungen zuerst den makroskopischen Bau der Pflanzen zu besprechen.

Man findet also im dritten Kapitel die makroskopischen Merkmale behandelt. Dieses Kapitel enthält eine variations-statistische Untersuchung mehrerer Merkmale, nicht nur des Stengels, sondern auch der Frucht und des Samens, unter verschiedenen Kulturbedingungen. In dieser Richtung wurde für *Linum usitatissimum* nur noch wenig getan und ich habe dieses Studium der Merkmale und die Methode der Untersuchung deshalb ausführlich beschrieben.

Das vierte Kapitel schliesst sich dem vorhergehenden an und handelt über die Korrelation einiger Merkmale, welche sich aus den auf statistischem Wege im dritten Kapitel erhaltenen Angaben auffinden lässt.

Die drei letzten Kapitel enthalten dann den mikroskopischen Teil der Untersuchung.

Im fünften Kapitel habe ich eine Beschreibung der Entwicklung des Stengels gegeben. Eine eingehende Untersuchung dieses Gegenstandes war erforderlich, weil sich keine derartige Beschreibung in der Literatur vorfindet, welche in Übereinstimmung mit unserer heutigen anatomischen Kenntnis ist und in welcher die Auffassung über das Entstehen der Faser eine richtige ist. Zudem habe ich in diesem Kapitel einige Beobachtungen über das Längenwachstum der Pflanze hinzugefügt.

Das sechste Kapitel handelt über die quantitativen Gewebeverhältnisse

an verschiedenen Stellen des erwachsenen Stengels. Im Zusammenhang damit habe ich dort auch das Verhalten der Bildungstätigkeit des Vegetationskegels an verschiedenen Zeitpunkten der Entwicklung der Pflanze studiert.

Das siebente Kapitel ist ganz der Faser gewidmet. Ich habe gemeint, dass ein gesondertes, ausführliches Studium des für die Praxis so wertvollen Teils dieser Kulturpflanze nötig sei. Auf den im vorhergehenden Teil der Untersuchung erhaltenen Ergebnissen stützend, habe ich die Anlage, das Wachstum und die Merkmale der Faser studiert und die Beziehungen zwischen diesen Merkmalen und denen des Stengels.

Am Ende der Abhandlung habe ich eine Übersicht gegeben der mir bekannten Arbeiten, welche ganz oder teilweise über *Linum usitatissimum* handeln. Es finden sich darunter viele, welche sich nicht auf vorliegende Untersuchung beziehen, sondern entweder über nicht von mir studierte Teile der Pflanze, wie Blume, Wurzel u. s. w. handeln, oder über Untersuchungen ganz anderer Art. Auch habe ich die mehr landwirtschaftlichen und technischen Werke, in welchen die Praxis der Kultur und die Bearbeitung der Faser besprochen wird, hinzugefügt. Ich war der Meinung, dass diese Angaben, welche ich während meines Studiums sammelte, vielleicht ihren Nutzen haben könnten. Nur die systematischen und pharmaceutischen Arbeiten und die gewöhnlichen Lehrbücher liess ich unerwähnt.

In dieser Arbeit finden sich keine Versuche über die Erblichkeit der Merkmale. Obgleich ich bei meinen Untersuchungen wohl diesbezügliche Beobachtungen machte, ist die Zeitdauer von drei Jahren, während welcher ich den Flachs kultivierte, zu kurz um Resultate über diesen Punkt mitteilen zu können. In dieser Richtung sind von HOFFMANN,[1]) SCHINDLER[2]) und DE VRIES[3]) bereits einige Versuche gemacht. Aus demselben Grunde habe ich die Selektion des Leins und die Frage ob eine Veredlungsauslese dieser Pflanze für die Praxis lohnend sein könnte, nicht besprochen. Ich will hier nur erwähnen, dass von J. H. MANSHOLT[4]) darüber Versuche gemacht wurden, welche zeigten, dass der Flachs, was die Stengellänge und das Gewicht der Samen betrifft, zwar selektionsfähig ist, dass aber durch die eigentümlichen

---

[1]) H. HOFFMANN, Culturversuche. Bot. Zeit. Bd. 34, 1876, S. 566.

[2]) F. SCHINDLER, Studien über den russischen Lein mit besonderer Rücksicht auf den deutschen Flachsbau. Landwirtsch. Jahrb. Bd. 28, 1899, S. 133.

[3]) HUGO DE VRIES, Die Mutationstheorie. Bd. II, S. 169.

[4]) J. H. MANSHOLT, Welke verschijnselen en resultaten zijn waargenomen bij het verwisselen van zaaigranen, zaaizaden en pootaardappelen? Rapport, uitgebracht door de afdeeling Leens van het Genootschap voor Nijverheid.

Verhältnisse, welche eine mehrjährige Kultur aus selbstgewonnenem Samen in hiesiger Gegend unmöglich machen, eine sich lohnende Auslese hier praktisch unausführbar ist. Weiter erwähne ich hier die Abhandlung BOLLEYS [1]), in welcher sich die Resultate von Selektionsversuchen des Flachses an der Experiment Station North Dakota finden und der Arbeit FRUWIRTHS [2]), worin dieser Autor einige Ansichten über die Methode, nach welcher die Veredlungsauslese stattfinden könnte, ausspricht.

Ebenso findet sich in letzterer Arbeit ein Studium der Blühverhältnisse des Leins, welches ich hier nur erwähnen will, ohne näher darauf einzugehen.

Beim Studium des Stengels habe ich dem Hypokotyl nur geringe Aufmerksamkeit gewidmet. Die Fasern desselben sind neuerdings von HERZOG [3]) eingehend studiert. Auf die Abhandlung dieses Autors komme ich später noch zürück. Der anatomische Bau des Hypokotyls ist von TOGNINI [4]) untersucht und meine diesbezüglichen Beobachtungen stimmen mit seinen Angaben überein. Weil ich im folgenden das Hypokotyl nicht näher besprechen werde, will ich an dieser Stelle mitteilen, dass ich bei Keimpflanzen des Flachses, welche durch irgend eine Ursache Stengelchen, Kotyledonen und einen Teil der hypokotylen Achse verloren hatten, oft Knospenbildung am Hypokotyl beobachtete. Der aus einer solchen Adventivknospe hervorgegangene Stengel vertrat den ursprünglichen und die Pflanze entwickelte sich später ebensoüppig. Die Bildung von Adventivknospen ist bei mehreren Pflanzen beobachtet und REICHARDT [5]), IRMISCH [6]) und BEYERINCK [7]) haben über das spontane Auftreten derselben Untersuchungen angestellt. KÜSTER [8]) rief die Adventivknospen durch Dekapitierung von Keimpflanzen künstlich

---

[1]) H. L. BOLLEY, Flax and Flaxseed Selection. Experiment Station for North Dakota. Bulletin No. 55, 1903.

[2]) C. FRUWIRTH, Die Züchtung der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. Bd. III, 1906, S. 48.

[3]) A. HERZOG, Ueber die Bastzellen aus dem Hypocotyl der Flachspflanze. Zeitschr. fur Farben- und Textilindustrie, Sorau, Jahrg 3, 1904, S. 377.

[4]) F. TOGNINI, Sopra il percorso dei Fasci libro-legnosi primari negli organi vegetativí del Lino (*Linum usitatissimum* L.) Atti dell' Istituto Botanico di Pavia. Vol. II, 1890.

[5]) H. W. REICHARDT, Beiträge zur Kenntniss hypokotylischer Adventivknospen und Wurzelsprosse bei krautigen Dikotylen. Wien, 1857.

[6]) T. IRMISCH, Ueber die Keimung und die Erneuerungsweise von *Convolvulus sepium* und *C. arvensis*, so wie über hypokotylische Adventivknospen bei krautartigen phanerogamen Pflanzen. Bot. Zeit. Bd. 15, 1857, S. 433.

[7]) M. W. BEYERINCK, Beobachtungen und Betrachtungen über Wurzelknospen und Nebenwurzeln. Verh. Kon. Akad. v. Wet. Amsterdam, 1886.

[8]) E. KÜSTER, Beobachtungen über Regenerationserscheinungen an Pflanzen. Beih. z. Bot. Centralbl. Bd. 14, S. 316, Bd. 15, S. 421, 1903.

hervor. Von keinem dieser Autoren wird aber *Linum usitatissimum* genannt und es ist deshalb, dass ich diese jedensfalls relativ seltene Erscheinung erwähne. Die Bildung der Knospen an der hypokotylen Achse fand bei dem von mir untersuchten Flachs oft statt, ich beobachtete dieselbe aber nur wenn der Hauptstengel entweder absichtlich oder zufälligerweise entfernt war. Auf einem Beete, wo die eben aufgegangenen Pflänzchen alle abgefressen waren, fand ich später Hunderte, welche sich in dieser Weise regeneriert hatten.

Die in hiesiger Gegend so sehr gefürchtete Krankheit „Brand", die dem Flachsbau in dieser Provinz mit völligem Untergang droht, habe ich in folgender Untersuchung gar nicht behandelt. Das Studium derselben liegt völlig ausser dem Rahmen dieser Arbeit. Die Tatsache, dass trotz den mannigfaltigen darüber angestellten Versuchen alle angegebenen Mittel zur Bekämpfung dieser sonderbaren Krankheit bis jetzt erfolglos blieben, beweist, dass eine eingehende Untersuchung in dieser Richtung erforderlich ist. Ich bin aber davon überzeugt, dass auch für eine solche Untersuchung eine gründlichere Kenntnis der Flachspflanze von Bedeutung ist und die Aussicht seiner Zeit die Krankheit kennen und bekämpfen zu lernen dadurch ein wenig gefördert wird.

In meinen eigenen Kulturen im botanischen Garten trat die Krankheit in den drei Jahren, während welcher ich Flachs kultivierte, gar nicht auf, sogar nicht nach dreimaliger Wiederholung der Kultur auf demselben Beete. Dagegen ist es in dieser Provinz auf dem Felde durchaus unmöglich in zwei aufeinanderfolgenden Jahren, oder selbst innerhalb einer relativ langen mehrjährigen Periode Flachs auf dem nämlichen Acker zu kultivieren. Geschieht dieses dennoch so tritt immer „Brand" auf. Auf der genannten Parzelle im Garten wurde im ersten Jahre Originalsaat gesät, in den beiden darauffolgenden Jahren aber ein- und zweijährige Nachzucht von den Pflanzen desselben Beetes geerntet, und der Boden wurde während dieser Zeit nicht gedüngt. Im dritten Jahre, 1906, war noch keine Spur der Krankheit zu finden und der Flachs sogar von ausgezeichneter Qualität. Eine solche Tatsache hat sich nach Mitteilung erfahrener Landwirte beim Anbau im Grossen in dieser Provinz noch nie vorgetan. Ich erwähne dieselbe deshalb nur als sehr merkwürdig, ohne dieses abweichende Verhalten erklären zu können. Auch will ich noch mitteilen, dass ich ohne Erfolg versuchte den Boden des botanischen Gartens mit „Brand" zu infektieren. Ich mischte dazu im Frühjahr 1906 die Erde eines Beetes dort mit Erde von einer Parzelle in der Provinz, auf welcher die Krankheit im Jahre 1905 in starkem Grade auftrat. Der auf dem Beete kultivierte Flachs zeigte aber keine Spur der Krankheit. Ob die Krank-

heit auch in folgenden Jahren ausbleiben wird, werden spätere Versuche lehren.

Obgleich ich die Faser ausführlich studierte und dabei auch die Faser des Reinflachses oft untersuchte, habe ich die verschiedenen Bearbeitungen, welchen der Stengel behufs der Fasergewinnung unterworfen werden muss, ausser acht gelassen. Es bestehen darüber sehr viele Arbeiten, mehr oder weniger technischer oder landwirtschaftlicher Art, aber für vorliegende Untersuchung von geringerer Bedeutung. Nur will ich die Abhandlung BEYERINCKS[1] über das Rösten erwähnen, weil darin der Röstprozess wissenschaftlich studiert ist und eine auf diesem Studium gegründete, künstliche Röstmethode angegeben wird. Wenn ich selbst bei meinen Untersuchungen zur Gewinnung der Fasern die Stengel röstete, verfuhr ich immer nach dieser Methode.

Der für die Untersuchung gebrauchte Flachs wurde aus russischer Originalsaat kultiviert. Die Saat wurde durch die „Coöperatieve Commissie" der Landwirte in der Provinz Groningen aus Riga bezogen und eine Probe derselben wurde mir für die Kulturversuche im botanischen Garten freundlichst überlassen. Der von mir kultivierte Flachs war also von demselben Ursprung wie der im allgemeinen in der Provinz angebaute, wenigsten in denjenigen Gegenden, aus denen ich Pflanzen von den Äckern zur Untersuchung erhielt. Dadurch war ich im Stande die Pflanzen meiner eigenen kleinen Kulturen mit dem auf dem Felde im Grossen angebauten Gewächs zu vergleichen. Es erwies sich dabei, dass der Boden des botanischen Gartens vorzüglich für die Flachskultur geeignet war. Der im Sommer des Jahres 1904 dort aus den genannten Samen kultivierte Flachs gehörte dem Urteil erfahrener Praktiker gemäss zu dem allerbesten, was in jenem für den Flachsbau so ausserordentlich günstigen Jahre in der Provinz Groningen angebaut wurde. Eine Probe der Ernte wurde durch freundliche Vermittlung des Herrn BIEREMA, Gutsbesitzer in Usquert, unter spezieller Aufsicht des Herrn COOKE in Belgien geröstet und weiter zu Reinflachs verarbeitet. Eine zweite Probe derselben Kultur wurde in der künstlichen Röstanstalt des Herrn Dr. SJOLLEMA, Direktor der landwirtschaftlichen Versuchsstation in Groningen, vom Herrn Dr. DE RUYTER DE WILDT geröstet und unter dessen Leitung weiter bearbeitet. Allen diesen Herren sage ich hier bestens Dank. Der erhaltene Flachs war in beiden Fällen von ausgezeichneter Qualität. Hierdurch war festgestellt, dass der von mir untersuchte Flachs sich nicht durch ganz

[1]) M. W. BEYERINCK and A. VAN DELDEN, On the bacteria which are active in flax-rotting. Proc. of the Kon. Akad. v. Wet. Amsterdam, Vol. VI. Part 2, 1904, S. 462. Archives néerlandaises, Série 2, Tome IX, p. 418.

besondere Merkmale vom vorzüglichen in der Praxis erhaltenen Flachs unterschied, wie es bei einer so kleinen Kultur in einem Garten möglich gewesen wäre. Ich konnte also ohne Gefahr diese Flachspflanzen studieren um die Ergebnisse als Ausgangspunkt zu benutzen für die Vergleichung mit auf anderen Böden oder unter anderen Bedingungen gemachten Kulturen.

Es ist mir eine angenehme Pflicht an dieser Stelle dem Herrn U. J. Mansholt, Reichslandwirtschaftslehrer in Groningen und den Herren Gutsbesitzern J. H. Mansholt, R. J. Mansholt und D. R. Mansholt in Westpolder, G. Boerma in Pieterburen und G. B. Bierema und S. U. Westerdijk in Usquert meinen herzlichen Dank auszusprechen für ihre auf praktischer Erfahrung gegründeten Ratschläge und für das Material von ihren Äckern, welches mir zu jeder Zeit mit grösster Bereitwilligkeit zur Verfügung gestellt wurde. Ohne ihre Hilfe hätte ich einen Teil dieser Arbeit nicht ausführen können.

ERSTES KAPITEL.

Die Abstammung des kultivierten Leins und die Geschichte seiner Kultur.

Wenn man die Geschichte des Leins und seiner Kultur studiert, tritt zuerst die Frage in den Vordergrund ob die angebaute Pflanze eine selbstständige Art ist, oder eine Kulturform aus einer wildwachsenden Pflanze hervorgegangen. Ist ersteres der Fall, so dürfen wir erwarten, dass der Lein in irgend einer Gegend heutzutage noch wild vorkommt oder in früherer Zeit gefunden wurde.

In den nördlichen Teilen Europas, wo der Lein gegenwärtig in so bedeutender Menge kultiviert wird, ist die Pflanze niemals in wildem Zustande gefunden; wo sie ausserhalb der Äcker wächst, ist sie zufälligerweise verwildert. Betreffend das spontane Auftreten in Südeuropa und Asien findet man zwar einige Angaben, aber diese beschränken sich auf einige wenige Funde. Nach Heer [1]), Hehn [2]) und Wiesner [3]) sind aber alle diese Mitteilungen unzutreffend und beziehen sich wahrscheinlich auf Pflanzen, welche aus der Kultur stammen oder auf eine andere Spezies. Auch von Boissier [4]), der die Flora dieser Gegenden ausführlich beschreibt, wird der Lein nirgends als wildwachsend angedeutet.

De Candolle [5]) ist der einzige, der meint, dass *Linum usitatissimum* sich über ein ausgedehnteres Gebiet wild findet. Nach ihm ist die Pflanze

[1]) O. Heer, Ueber den Flachs und die Flachskultur im Alterthum. Neujahrsblatt der naturforschenden Gesellschaft, Zürich, 1872.

[2]) V. Hehn, Kulturpflanzen und Hausthiere. Neu herausgegeben von O. Schrader und A. Engler, 1894, S. 161.

[3]) J. Wiesner, Die Rohstoffe des Pflanzenreiches. II, 1903, S. 276—300.

[4]) Edm. Boissier. Flora orientalis. Vol. I, 1867, S. 848.

[5]) A. de Candolle, L'origine des plantes cultivées. 1886, S. 95—103.

wildwachsend in den zwischen dem Persischen Golf, dem Kaspischen und dem Schwarzen Meere gelegenen Ländern. Zwar sagt er an anderer Stelle, dass *Linum usitatissimum* noch nicht mit vollkommener Sicherheit wildwachsend nachgewiesen worden ist, aber dennoch findet er das wilde Vorkommen sehr wohl möglich und gibt, ohne auch nur das Geringste über die Quellen seines Wissens mitzuteilen, schliesslich in seiner Zusammenfassung obengenannte Verbreitung des wilden Leins an. Es ist nun gerade diese vollkommen unbegründete Angabe, welche man in den meisten Werken verbreitet findet.

Dieser unberechtigten Auffassung DE CANDOLLES entgegen, müssen wir also als sehr wahrscheinlich annehmen, dass der Lein nicht wildwachsend vorkommt, also keine selbstständige Art repräsentiert, sondern in der Kultur entstanden ist. Ist dieses der Fall, dann liegt die Frage nahe welche wildwachsende Pflanze ursprünglich in Kultur genommen ist, welche Pflanze somit als die Stammpflanze des heutigen Leins betrachtet werden soll.

HEER [1]) ist der erste Forscher, der sich mit der Frage nach dem Ursprung des kultivierten Leins beschäftigte. In einer kurzen Mitteilung über die von ihm untersuchten Flachsreste der schweizerischen Pfahlbauten sagt er, dass die gefundenen Kapseln in Grösse und Form so sehr mit denjenigen des *Linum perenne* LINN. übereinstimmen, dass man daraus schliessen könne, der gemeine Lein sei durch Kultur aus *Linum perenne* entstanden. HEER erwähnt diese Meinung später sonst nirgends und von keinem einzigen anderen Forscher wird *Linum perenne* als Stammpflanze genannt. Einige Jahre nachher kommt HEER [2]) in einer ausführlicheren Abhandlung zum Schluss, dass *Linum angustifolium* HUDS. als Stammpflanze zu betrachten sei. In dieser Arbeit behandelt er zwei gesonderte Fragen. Erstens die nach der Identität des Pfahlbauflachses, den er als von *Linum angustifolium* herrührend betrachtet, und zweitens die nach der Abstammung des gegenwärtig kultivierten Leins. Durch seine Untersuchungen über diese Reste war die Aufmerksamkeit HEERS auf *Linum angustifolium* gelenkt und auf den Unterschied zwischen diesem und *Linum usitatissimum*. Weil *Linum usitatissimum* nicht wildwachsend vorkommt, sondern eine Kulturform ist, lag es auf der Hand unter den wildwachsenden *Linum*arten die Stammform zu suchen. Von allen diesen fand HEER, dass *Linum angustifolium* am nächsten bei *Linum usitatissimum* steht, aber die Unterschiede zwischen beiden fand er derart, dass er die

---

[1]) O. HEER, On the remains of plants found beneath the Swiss Lake-dwellings. Arch. des Sciences phys. et nat. Nouv. pér. T. XXI, 1864, S. 163 und: The annals and magazine of Nat. Hist. Vol. XIV, III Ser. 1864, S. 465.

[2]) O. HEER, l. c.

Ableitung des *Linum usitatissimum* von *Linum angustifolium* nur dann für möglich hielt, wenn Zwischenformen, welche den Übergang vermitteln sollten, nachgewiesen werden könnten. Diese sind indertat von HEER gefunden. Sie sind erstens eine kultivierte Form, *Linum hyemale romanum*, der römische Winterlein, welche sich mehr *Linum usitatissimum*, und eine wildwachsende Form, *Linum ambiguum* JORD., welche sich mehr *Linum angustifolium* nähert. HEER nimmt also an, dass unser heutiger Lein durch Kultur aus *Linum angustifolium* hervorgegangen ist. Zum guten Verständnis der Untersuchungen HEERS muss aber hervorgehoben werden, dass er sich den gegenwärtig in der Schweiz angebauten *Linum usitatissimum* keineswegs als dort zur Stelle aus *Linum angustifolium* hervorgegangen denkt. Wie ich sagte ist die Frage nach der Abstammung des kultivierten Flachses bei HEER eine andere als die nach dem Ursprung der Flachsreste in den Pfahlbauten. HEER nun ist der Meinung, dass die ursprüngliche Kultur des *Linum angustifolium* in der Schweiz, später durch die von aussen her eingeführte Kultur von *Linum usitatissimum* verdrängt wurde.

Spätere Autoren schliessen sich der Anschauung HEERS über die Abstammung an. Auch WIESNER kommt im Anschluss an Angaben von WETTSTEIN durch theoretische Erwägungen zur nämlichen Auffassung. Von diesen Erwägungen will ich die folgenden mitteilen. WIESNER betont, dass mehrere Merkmale unseres Leins darauf hindeuten, dass derselbe eine Kulturpflanze sei. Das Geschlossenbleiben der Kapsel und die übermässige Verlängerung des Stengels werden sich als unzweckmässig, im Naturzustande wahrscheinlich nicht finden. Es gibt nun aber indertat eine Form des kultivierten Leins, bei welcher die Kapseln bei der Reife aufspringen und der Stengel niedriger und kräftiger ist. Dieser *Spring-* oder *Klanglein*, auch *Pfalzflachs* genannt, *Linum usitatissimum crepitans*, wird somit der Stammart wahrscheinlich näher stehen und weil diese Form ins besondere in wärmeren Gebieten angebaut wird, liegt es auf der Hand den Ursprung des Leins für Europa in südlicher und südöstlicher Richtung zu suchen. Weiter zeigt *Linum usitatissimum* heute noch Merkmale, die darauf hindeuten, dass die Stammpflanze ausdauernd war. So die regelmässige Anlage von Seitenachsen in den Achseln der Kotyledonen, die Tendenz der Ausbildung von Innovationssprossen in den Achseln der unteren Laubblätter und die Fähigkeit um nach Zurückschneiden des Blütenstengels durch die Ausbildung zahlreicher neuer Sprosse bis spät in den Herbst hinein zu halten.

Durch alle diese Erwägungen kommt WIESNER zum Schluss, dass die Stammpflanze wahrscheinlich perennierend war, aufspringende Früchte und

niedrigeren Stengel besass, und in Süd- oder Osteuropa vorkam. Eine solche Pflanze gibt es nun indertat, es ist der im ganzen Mediterrangebiete einheimische *Linum angustifolium*, und WIESNER schliesst, dass aus dieser Pflanze durch den Einfluss der Kultur der heutige Lein entstanden sei. Zudem vermutet WIESNER, dass die verschiedenen Formen des kultivierten Leins vielleicht von verschiedenen im Mediterrangebiete vorkommenden Rassen des *Linum angustifolium* abstammen.

Die Auffassung HEERS und WIESNERS, dass *Linum angustifolium* die Stammpflanze des kultivierten Leins sei, wird gegenwärtig fast allgemein angenommen. Bei derartigen Abstammungsfragen erscheint es mir aber geboten äusserst vorsichtig zu sein, weil unmittelbare Beweise fehlen und die Ansichten nur auf theoretischen Gründen beruhen. Während indertat einerseits viele Merkmale auf eine nahe Verwandtschaft mit *Linum angustifolium* HUDS. hindeuten, ist anderseits der Unterschied zwischen dem kultivierten Lein und einigen anderen *Linum*arten, wie *Linum perenne* LINN., *Linum austriacum* LINN. und *Linum narbonense* LINN. nicht bedeutend grösser, wie mir eine dreijährige Kultur des *Linum angustifolium* und der letztgenannten Arten lehrte. Ich glaube deshalb annehmen zu müssen, dass die Stammpflanze des kultivierten Leins jetzt noch nicht mit vollkommener Sicherheit bekannt ist und dass Untersuchungen und Nachforschungen diesen Gegenstand betreffend noch sehr gewünscht bleiben. Dennoch deutet alles darauf hin, dass die Stammpflanze, wenn auch nicht *Linum angustifolium* selbst, jedenfalls mit diesem sehr nahe verwandt sein muss.

Wie die beiden Formen des kultivierten Leins, die gewöhnliche, mit geschlossenen Früchten, der *Schliesslein*, und die mit aufspringenden Kapseln, der *Klanglein* sich, was ihre Abstammung betrifft, zu einander verhalten, kann man ebenfalls bis jetzt nur vermuten. Einerseits könnte man sich denken, dass beide unabhängig von einander aus einer gemeinschaftlichen Stammpflanze oder aus sehr nahe verwandten Pflanzen entstanden. Anderseits aber deutet die grosse Übereinstimmung der Merkmale, ausgenommen die der Frucht, mehr auf eine noch nähere Verwandtschaft hin und kann man sich vorstellen, dass aus der wilden Stammform erst der *Klanglein* und aus diesem der *Schliesslein* hervorgegangen wäre. Diese Vermutung, welche auch, wie ich oben mitteilte, von WIESNER ausgesprochen wird, ist wohl die am meisten wahrscheinliche. Natürlich ist die Annahme, dass der *Klanglein* aus dem gewöhnlichen Lein entstanden sei, viel gezwungener. Dazu musste man

sich aus der Stammform mit aufspringenden Früchten zuerst eine Form mit geschlossenbleibenden Kapseln hervorgegangen denken und aus dieser wiederum eine mit sich öffnenden Früchten.

Wie aber diese Sache auch liegt, sicher ist in vergangener Zeit eine wildwachsende *Linum*art in Kultur genommen und daraus ist unser heutiger Lein entstanden. Zu welcher Zeit diese ursprüngliche Form zuerst angebaut wurde, ist nicht mit Sicherheit bekannt. Die gefundenen Flachsreste in einem alt-chaldäischen Grabe der vor-babylonischen Zeit [1]), in den Gräbern Alt-Ägyptens von mehr als dreissig Jahrhunderten v. Chr. [2]) und in den schweizerischen Pfahlbauten, welche aus der jüngeren Steinzeit stammen, beweisen, dass die Kultur des Flachses bis in das höchste Altertum hinaufreicht und dass damals schon in weit voneinanderentfernten Gegenden Flachsbau getrieben wurde und zwar schon in einem weit vorgeschrittenen Stadium der Kultur. Der Anfang der Kultur liegt somit vielleicht noch viele Jahrhunderte weiter in der Vergangenheit zurück.

Über die Gegend, wo die Pflanze zuerst kultiviert wurde und über die spätere Verbreitung der Kultur herrschen mehrere Ansichten.

Heer, der die Flachsreste aus den schweizerischen Pfahlbauten als von *Linum angustifolium* herrührend betrachtet, hat sich hierauf stützend eine gewisse Vorstellung über Ursprung und Verbreitung der Kultur gemacht. Weil die Anschauungen Heers bis vor kurzem von vielen Autoren als die richtigen anerkannt wurden, werde ich dieselben hier etwas ausführlicher besprechen.

Nach ihm müssen wir den Ursprung der Kultur in denjenigen Gegenden suchen, wo *Linum angustifolium* auch heute noch wild wächst, das heisst in den Mittelmeerländern und wahrscheinlich haben die Ägypter diese Pflanze zuerst angebaut und hat die Kultur sich von dort aus weiter verbreitet. Diese Kultur wurde später durch die des *Linum usitatissimum* verdrängt, aber nicht in allen Gegenden zu gleicher Zeit. Heer betont, dass zur Zeit, als in

---

[1]) Nach Angabe Hehns, l. c. S. 183: Maspero, Histoire ancienne des peuples de l'Orient. éd. 3, Paris, 1878, S 13.

[2]) F. Unger, Botanische Streifzüge auf dem Gebiete der Culturgeschichte. Sitzungsber. d. K. Akad. d. Wiss. Wien. Bd. 38, 1859, S. 69 und Bd. 54, 1866, S. 33.

A. Braun, Ueber die im Kgl. Museum zu Berlin aufbewahrten Pflanzenreste aus altägyptischen Gräbern. Zeitschr. für Ethnologie. Bd. 9, 1877, S. 289.

G. Schweinfurth, Neue Beiträge zur Flora des alten Aegyptens. Ber. d. d. bot. Ges. 1883, S. 544 und 1884, S. 351.

Fr. Körnicke, Bemerkungen uber den Flachs des heutigen und alten Aegyptens. Ber. d. d. bot. Ges. 1888, S. 380.

Südeuropa noch die wilde Flachsform und der Winterflachs angebaut wurden, in Ägypten der gemeine Flachs diese beiden schon längst verdrängt hatte. Zur Zeit der Pfahlbauten wurde auch in der Schweiz *Linum angustifolium* kultiviert, obgleich die Pflanze dort nicht wildwachsend vorkommt. HEER fand aber zwischen den Resten des Flachses auch Samen von *Silene cretica* LINN., einer Pflanze, welche dieselbe Verbreitung wie *Linum angustifolium* hat und als Unkraut in den Flachsäckern Südeuropas gefunden wird. Hieraus schliesst er, dass die Bewohner der Pfahlbauten ihre Samen aus Südeuropa bezogen. Aber wie in Ägypten und anderen Mittelmeerländern wurde auch in der Schweiz die Kultur des *Linum angustifolium* später durch die von *Linum usitatissimum* verdrängt.

DE CANDOLLE [1]) schliesst sich dieser Anschauung HEERS insofern an, als sie die Kultur in der Schweiz betrifft, weil er aber *Linum usitatissimum* als eine wildwachsende Pflanze betrachtet, hat er über Ursprung und Verbreitung der Kultur eine andere Meinung. Er stellt sich vor, dass in der ältesten Zeit in Norditalien und in der Schweiz *Linum angustifolium* angebaut wurde. Diese Kultur wurde später, aber jedenfalls vor Christi Geburt, durch die von *Linum usitatissimum* verdrängt. Dieser *Linum usitatissimum* wurde seit 40—50 Jahrhunderten in Mesopotamien, Assyrien und Ägypten kultiviert, wurde von den Finnen in Nordeuropa, von den West-Ariern in den übrigen Teil Europas eingeführt und vielleicht hier und dort von den Phoeniciern. Die alten Ägypter erhielten aber die Kultur aus Asien. Diese Anschauung DE CANDOLLES, obgleich ihr jeder sichere Grund fehlt, findet man dennoch vielfach verbreitet.

In der letzten Zeit haben die Auffassungen über Ursprung und Verbreitung der Kultur sich aber geändert,und zwar durch eine erneuerte Untersuchung von WETTSTEIN über die schweizerischen Flachsreste. Nach WIESNER [2]), der die Resultate WETTSTEINS mitteilt, hat HEER mit Unrecht die Früchte ihrer geringen Grösse wegen als von *Linum angustifolium* stammend, betrachtet. Weil aber alle in verkohlten Pfahlbauresten gefundenen Pflanzenteile kleiner erscheinen als die übereinstimmenden Organe der heutigen Pflanzen, soll man nach WIESNER dieser Tatsache keine so grosse Bedeutung beilegen, um so weniger weil im übrigen die Reste vollkommen mit dem gemeinen Lein übereinstimmen und, was sehr wichtig ist, die gefundenen Kapseln wie bei *Linum usitatissimum* geschlossen sind und nicht aufgesprungen, wie bei

---

[1]) A. DE CANDOLLE, l. c.

[2]) J. WIESNER, l. c.

Linum angustifolium. Die Anschauung HEERS, dass die ursprüngliche Kultur des *Linum angustifolium* in Mitteleuropa später durch die von aussen her eingeführte Kultur des *Linum usitatissimum* verdrängt wurde, verliert hiermit also jeden festen Grund.

Auch nach NEUWEILER [1]), der die schweizerischen Flachsreste ebenfalls studiert hat, ist die Auffassung HEERS nicht stichhaltig. Dieser Forscher kommt aber zum Schluss, dass die gefundenen Früchte unmöglich von *Linum usitatissimum* herrühren können, weil die Scheidewände bewimpert sind und weil zwischen den Resten aufgesprungene Kapseln, wenn auch in geringer Menge, vorhanden sind. Er hält die Übereinstimmung der Reste mit *Linum austriacum* und *Linum perenne* für grösser als die mit *Linum angustifolium* und schliesst, dass es sich hier um eine Varietät oder Rasse einer perennierenden Leinart handelt, die *Linum austriacum* am nächsten steht, und aus der sich die jetzigen, auch in der Kultur vorkommenden, perennierenden Leinarten, *Linum austriacum* und *Linum perenne*, entwickelt haben können. NEUWEILER fügt hinzu, dass auch für diese Pflanzen, wie für *Linum usitatissimum*, doch *Linum angustifolium* als Stammform anzunehmen sein wird. Weil *Linum austriacum* und besonders *Linum perenne* viel weiter nach Norden vorkommen als der auf das mediterrane Gebiet beschränkte *Linum angustifolium*, liegt nach NEUWEILER kein Grund vor dem Pfahlbauflachs direkte Einführung aus dem Süden zuzuschreiben wie HEER gezwungen war zu tun. Hiermit in gutem Einklang steht die Tatsache, dass das zwischen dem Lein gefundene Leinkraut unrichtig von HEER als *Silene cretica* bestimmt wurde.

Auch die Meinung HEERS, dass *Linum angustifolium* zuerst in Ägypten in Kultur genommen wurde, wird von mehreren Autoren bezweifelt oder widerlegt. Weil *Linum angustifolium* wenigstens gegenwärtig nicht wildwachsend in Ägypten vorkommt, dürfen wir nach KÖRNICKE [2]) den Anfang der Kultur dort nicht suchen. KÖRNICKE vermutet, dass der Lein schon in einer weit vorgeschrittenen Kulturform mit geschlossenen Kapseln in Ägypten eingeführt wurde. Nach DE CANDOLLE [3]) kam, wie gesagt, die Kultur aus Asien nach Ägypten und UNGER [4]) meint, dass der kultivierte Lein aus Kolchis nach diesem Lande gebracht wurde.

[1]) E. NEUWEILER, Die prähistorischen Pflanzenreste Mitteleuropas. Bot. Exkursionen und pflanzengeogr. Studien in der Schweiz, Heft 6, 1905.

[2]) FR. KÖRNICKE, l. c.

[3]) A. DE CANDOLLE, l. c.

[4]) F. UNGER, l. c.

Aus dieser Übersicht geht hervor, dass wir zur Zeit noch gar keine Sicherheit über Ursprung und Verbreitung der Kultur haben. Von den verschiedenen Anschauungen ist keine hinlänglich durch Tatsachen gestützt und sie gehen bedeutend auseinander. Es leuchtet ein wie schwer man sich durch derartige Untersuchungen ein bestimmtes Urteil zu bilden vermag und wie äusserst gewagt es ist eine Theorie auf dem Vorhandensein einiger, augenscheinlich sehr schwer mit vollkommener Gewissheit zu bestimmenden Reste zu stützen. Im grossen und ganzen dürfen wir es nur als sehr wahrscheinlich betrachten, dass der Ursprung der Kultur im süden Europas, oder in Vor- oder Centralasien liegt. Immerhin ist die Möglichkeit durchaus nicht ausgeschlossen, dass unabhängig von einander in mehreren Gegenden die dort einheimische Stammform in Kultur genommen wurde. Wie lange es aber gedauert hat, bis aus der wilden Stammform der heutige Lein entstanden ist, weiss man nicht.

ZWEITES KAPITEL.

Die systematischen Merkmale von Linum usitatissimum und die, welche denselben als Kulturpflanze kennzeichnen.

§ 1. Die Vergleichung des kultivierten Leins mit den nächst verwandten wilden Leinarten (*Linum angustifolium, perenne, austriacum* und *narbonense*).

Im vorigen Kapitel haben wir gesehen, dass der in den Niederlanden angebaute Flachs aus einer wilden Leinart entstanden ist. Es ist nun wichtig zu untersuchen inwieweit sich der kultivierte Lein von den nächst verwandten, wilden Pflanzen unterscheidet. Durch die Vergleichung dieser Formen wird es möglich sein einigermassen eine Einsicht zu gewinnen in den Einfluss, welchen die äusseren Bedingungen auszuüben imstande sind, das heisst wie die Merkmale von denselben abgeändert werden konnen und welche Merkmale äusseren Umständen gegenüber unempfindlich sind.

Unter den nahe verwandten, wilden Leinarten habe ich für die Vergleichung in erster Linie *Linum angustifolium* gewählt, weil diese Pflanze bis jetzt allgemein als Stammpflanze betrachtet wird. Die Unterschiedspunkte zwischen beiden, welche ich im folgenden am meisten in den Vordergrund stellen werde, sind aber der Hauptsache nach die nämlichen wie die zwischen *Linum austriacum*, *Linum perenne* und *Linum narbonense* einerseits und *Linum usitatissimum* anderseits. Das Folgende gilt also grosstenteils ebensogut für die Vergleichung des kultivierten Leins mit diesen drei Pflanzen.

In welcher Hinsicht unterscheidet sich nun der kultivierte Flachs vom wildwachsenden *Linum angustifolium*? Kurz zusammengefasst sind die für uns wichtigeren Merkmale dieser beiden Pflanzen die folgenden:

Linum angustifolium Huds. ist ausdauernd oder einjährig, hat mehrere Stengel, welche an der Basis bogenförmig gekrümmt sind, die Frucht springt bei der Reife auf, die Scheidewände derselben sind behaart, die Samen sind wenig oder nicht geschnabelt.

Linum usitatissimum Linn. hingegen ist einjährig, der Stengel ist unverzweigt, gerade von der Wurzel aufsteigend, lang und dünn, die Frucht bleibt geschlossen, die Samen sind geschnabelt. Die Blume ist entweder ungefähr ebensogross wie bei *Linum angustifolium* oder bedeutend grösser; die Frucht und die Samen sind stets grösser als bei *Linum angustifolium*.

Der Unterschied zwischen beiden Pflanzen ist also sehr bedeutend. Der Charakter der Unterschiede ist aber nicht bei allen Eigenschaften derselbe und wir können in dieser Hinsicht die Merkmale in zwei Gruppen trennen. Einerseits haben wir das Aufspringen oder Geschlossenbleiben der Frucht, anderseits die verschiedenen Merkmale des Stengels: Zahl, Länge und Gestalt. Über die Grösse von Blume, Frucht und Samen und die etwaige Behaarung der Scheidewände der Kapsel werde ich später sprechen.

Betrachten wir zuerst die Merkmale der Frucht.

Das Geschlossenbleiben der Frucht des kultivierten Leins ist eine völlig konstante, erbliche Eigenschaft, die immer unverändert, ohne Ausnahme bei allen Individuen auftritt, welche auch die Bedingungen sein mögen, denen der Lein während seines Wachstums ausgesetzt ist. Seit vielen Jahrhunderten sind die Früchte des gemeinen Leins geschlossen und während dieser Zeit ist dieses Merkmal konstant geblieben und hält sich in der Kultur beim Rosenlein, niederländisch „entervlas", und auch in den folgenden Generationen, wenn der Flachs in unserem Lande als Kulturform derart degeneriert ist, dass er selbst aüsserlich der kultivierten Pflanze nur entfernt noch ähnlich ist. Es leuchtet ein, dass es sich hier um ein durch Mutation erhaltenes Merkmal handelt. Durch Mutation muss auf einmal aus der Pflanze mit aufspringenden Kapseln die mit geschlossenbleibenden entstanden sein und seitdem ist dieses Merkmal geblieben. Wann und wo diese Mutation auftrat, ist unbekannt, jedenfalls muss es sehr lange her sein, weil der Lein mit geschlossenen Kapseln schon im Altertum kultiviert wurde. Vielleicht ist die Mutation in der Kultur entstanden und es ist sogar sehr wahrscheinlich, dass die neue Form mit den geschlossenen Früchten, welche in der Natur, als weniger zweckmässig eingerichtet, vielleicht durch die Stammform mit den aufspringenden Kapseln bald wieder verdrängt sein würde, gerade durch die Kultur aufrecht erhalten wurde. Es handelt sich hier um die Bildung einer neuen Form durch den völligen Verlust eines Merkmals. Die Pflanze, aus welcher der

Lein mit geschlossenen Kapseln entstand, hatte aufspringende Früchte und dieses Merkmal ist beim *Schliesslein* vollkommen verschwunden. Wir haben hier also einen Fall, welchen man nach DE VRIES [1]) mit dem Namen retrogressiver Artbildung bezeichnen muss. In diesem Sinne spricht sich denn auch SOLMS-LAUBACH [2]) über *Linum usitatissimum* mit nicht aufspringenden Kapseln aus.

Ausser durch das Geschlossenbleiben unterscheidet die Frucht des kultivierten Leins sich dadurch, dass sie bedeutend grösser ist als die der wilden Arten, *Linum angustifolium*, *perenne*, *austriacum* und *narbonense*. Auch dieser Unterschied bleibt erhalten unter allen Wachstumsbedingungen und diese Merkmale sind somit konstant.

Ganz anders liegt die Sache beim Stengel. Durch den übermässig langen, einfachen, geraden Stengel unterscheidet sich *Linum usitatissimum* von *Linum angustifolium* mit seinem niedrigeren, am Boden verzweigten und dort gebogenen Stengel und es sind gerade erstgenannte Merkmale, welche den Lein als Kulturpflanze so wertvoll machen.

Welches ist nun das Verhalten dieser Merkmale wenn der Flachs verschiedenen Bedingungen ausgesetzt wird? Erhalten dieselben sich ebensogut wie das Geschlossenbleiben der Frucht, unter welchen Umständen oder wo die Kultur auch stattfinden möge? Zur Entscheidung dieser Frage können wir an erster Stelle die Resultate der Praxis verwenden. Wie ich oben sagte, beziehen die Landwirte in hiesiger Gegend für den Anbau des Leins ihre Saat aus den russischen Ostseeprovinzen. Wird der Lein hier aus selbstgezogenem Samen einige Jahre lang kultiviert, so ergibt sich sehr bald, dass der übermässig lange, dünne, einfache und gerade Stengel durchaus nicht konstant ist. Im Gegenteil, seit langer Zeit hat die Erfahrung gelehrt, dass nur unter gewissen Bedingungen, bei sehr sorgfältiger Kultur, diese gewünschten Merkmale des Stengels in unserem Lande erhalten werden. Man weiss, dass Klima und Bodenbeschaffenheit einen grossen Einfluss auf die Eigenschaften des Stengels ausüben, und dass, nachdem der Flachs aus selbstgezogenem Samen einige Generationen hindurch in unserem Lande kultiviert worden ist, anstatt des langen, dünnen, einfachen Stengels, ein niedriger, dicker, verzweigter Stengel auftritt, der viel grössere Übereinstimmung mit dem der wilden Leinarten zeigt. Deshalb sind die Landwirte hier zum Samenwechsel gezwungen

[1]) HUGO DE VRIES, Die Mutationstheorie. Bd. II, S. 636.

[2]) H. SOLMS-LAUBACH, Die leitenden Gesichtspunkte einer allgemeinen Pflanzengeographie. Leipzig, 1905.

und müssen, wenn nicht alljährlich, obgleich dies meistens geschieht, dennoch innerhalb weniger Jahre neue Originalsaat aus Russland beziehen.

Auch wenn die Kulturbedingungen andere sind wie die in hiesiger Gegend für den Anbau des Leins geeigneten, wird schon im ersten Jahre nicht der lange, dünne, gerade, einfache Stengel erhalten. Wie ich im dritten Kapitel ausführlicher behandeln werde, bildet die Leinpflanze, wenn sie mit grösserem Standraum gezüchtet wird als bei der gewöhnlichen Kultur üblich ist, einen reichlich verzweigten Stengel und wenn der Flachs auf einem für denselben als Kulturpflanze ungeeigneten Boden kultiviert wird, treten oft am Grunde bogenförmig gekrümmte Stengel auf. (Taf. I, Fig. 1.)

Wie lässt es sich nun erklären, dass der Flachs in Russland seit Jahrhunderten aus selbstgezogener Saat kultiviert werden kann; während der russische Samen, in anderen Gegenden angebaut, nach einigen Jahren ein sehr degeneriertes Produkt liefert? Der russische Flachs ist eine dort einheimische Rasse, welche unter den Bedingungen, wie sie in den russischen Ostseeprovinzen obwalten, konstant ist. Klima und Bodenbeschaffenheit sind dort derart, dass die eigentümlichen Merkmale des Stengels völlig unverändert bleiben.

De Vries [1]) ist der Meinung, dass in den dortigen Gegenden eine Art natürliche Auslese stattfindet, wobei durch die besonders günstigen Umstände eine konstante Rasse erhalten ist, mit höchster Leistungsfähigkeit was die für die Praxis wertvollen Merkmale betrifft. Wird nun aber diese Rasse anderen Verhältnissen ausgesetzt und hört damit die Selektion in der betreffenden Richtung auf, so wird die Rasse sich abändern, anfangs, in der ersten Generation, weniger in den darauffolgenden immer mehr. Die Abänderung findet nicht auf einmal statt, nicht sogleich gehen die Resultate der in den russischen Ostseeprovinzen stattgefundenen Auslese verloren. Im russischen Samen herrschen die zum russischen Flachs gehörigen Merkmale noch so stark vor, dass die Pflanze hier, unter den für ihre Kultur weniger günstigen Bedingungen gesät, im ersten Jahre und selbst noch im nächsten und oft im darauffolgenden Jahre einen dünnen, langen, geraden Stengel erzeugt. Dann aber verändert der Stengel merkbar, derselbe wird meist kürzer, dicker, am Grunde verzweigt und oben stark verästelt. Die Eigenschaften des Stengels der russischen Rasse in unserem Lande gebaut, sind somit, obgleich dieselben sich während einiger wenigen Jahre nachhalten können, nicht konstant. Was die Ursache dieses Verhaltens ist, muss einstweilen dahingestellt bleiben; wahrscheinlich wird die fluktuierende Variation hier eine bedeutende Rolle

[1]) Hugo de Vries, Die Mutationstheorie. Bd. I, S. 88.

spielen, während teilweise die beobachteten Abänderungen auch mit der Tatsache zusammenhangen mögen, dass wahrscheinlich die aus Russland bezogene Saat aus einem Gemisch verschiedener erblich konstanten Sorten oder elementaren Arten zusammengesetzt ist.

Theoretisch würde die Abänderung fortdauern bis eine hier konstante Rasse erhalten ist. In der Praxis aber hat man die Kultur selbstverständlich nie so weit durchgeführt, um so weniger weil auch die Empfindlichkeit für Krankheiten beim Nachbau in jedem folgenden Jahre gesteigert wird.

Wir sehen also, dass das Verhalten des Stengels und der Frucht in der Kultur ein durchaus verschiedenes ist. Wir müssen deshalb diese im Grunde so sehr verschiedenen Erscheinungen scharf trennen, wenn wir den Unterschied zwischen den wilden Leinarten und dem kultivierten Lein und den Einfluss, welcher die Kultur auf die Ausbildung der Pflanze ausgeübt hat, studieren wollen.

Die Kulturform zeigt somit einerseits ein oder mehrere durch Mutation entstandenen Merkmale, die völlig konstant und erblich, unabhängig von äusseren Faktoren sind und anderseits eine Gruppe von Merkmalen, bei denen das eigentümliche Verhalten der Pflanzen äusseren Umständen gegenüber, von massgebender Bedeutung ist.

Zu den Unterschiedspunkten zwischen *Linum angustifolium* und *Linum usitatissimum* gehört auch die Form der Samen; beim gemeinen Lein als geschnabelt, bei *Linum angustifolium* als wenig geschnabelt angedeutet. Ich möchte aber diesem Merkmale keine grosse Bedeutung zuschreiben, weil nach meinen Beobachtungen die Form der Samen des kultivierten Flachses ziemlich stark variiert und die Ausbildung des Schnäbelchens bei Samen aus derselben Kultur, ja sogar von derselben Pflanze eine sehr verschiedene ist.

Weiter muss der Unterschied in der Lebensdauer der kultivierten und der wilden Pflanze erwähnt werden. Der kultivierte Lein ist einjährig, *Linum angustifolium* ausdauernd, wird aber von einigen Autoren als auch einjährig vorkommend beschrieben. Hiermit stimmt die Tatsache überein, dass diese Pflanze nicht den Habitus der perennierenden Gewächse besitzt, denn die bei diesen gewöhnlich auftretende Wurzelrosette fehlt. Anderseits zeigt der angebaute Lein, wie ich oben mitteilte, Merkmale, welche auf das Vermögen den Winter hindurch aushalten zu können, hindeuten. Es liegt somit die Vermutung nahe, dass die Einjährigkeit durch die Kultur mehr und mehr in den Vordergrund getreten und eine konstante Eigenschaft geworden ist. Wahrscheinlich hat der Unterschied im Klima zwischen den nördlichen Teilen Europas, wo die Pflanze angebaut wird, und den südlicheren Gegenden, wo

die verwandten, wilden Leinarten einheimisch sind, die Einjährigkeit des kultivierten Flachses gefördert. Bekanntlich halten mehrere Gewächse, die in nördlichen Gegenden alljährlich absterben, den milderen Winter südlicher Länder aus.

Bis jetzt habe ich die Grösse der Blume ausser Betracht gelassen, weil diese bei den verschiedenen Formen des kultivierten Leins sehr auseinandergeht. Die Blume des in hiesiger Gegend allgemein angebauten Flachses ist grösser als die des *Linum angustifolium*, dagegen kleiner als die des *Linum perenne*, *Linum austriacum* und *Linum narbonense*. Es gibt aber Formen des *Linum usitatissimum* mit geschlossenen Früchten, bei denen die Blume nicht oder nur wenig grösser ist als bei *Linum angustifolium*, indem andere, was die Grösse ihrer Blüte betrifft, sich dem *Linum perenne*, *Linum austriacum* und *Linum narbonense* nähern oder sogar dieselben übertreffen.

Letzteres ist auch der Fall bei in Ägypten kultivierten Flachssorten. Durch freundliche Vermittlung des Herrn Prof. Blandenier in Alexandrien und des Herrn Cartwright, lecturer at the School of Agriculture in Ghizeh, erhielt ich Samen von dem in Ägypten angebauten Lein. Der erstere schickte mir Samen von der in Unterägypten allgemein kultivierten Form aus Kafr el Zayat, Province de Garbieh stammend; vom Herrn Cartwright erhielt ich Samen aus Ghizeh.

Weil in vorliegender Arbeit die Kultur und die Merkmale des ägyptischen Leins nicht näher behandelt werden sollen, will ich an dieser Stelle kurz die wichtigsten Charaktere der beiden Formen besprechen, wie sie sich hier in der Kultur verhielten. Die aus diesen beiden Samenproben hervorgegangen Pflanzen entwickelten sich anfangs schneller und zeigten längere Stengel als der gewöhnliche Lein. Sie blühten aber viel früher, als das Längenwachstum des letzteren noch nicht beendigt war. Dadurch verschwand der Unterschied der Stengellänge nach und nach, und am Ende der Vegetationsperiode übertraf die Länge des hier angebauten Leins diejenige des ägyptischen bedeutend. Besonders der Flachs von Kafr el Zayat war hier sehr kurz und stand beim gewöhnlichen Lein im Durchschnitt um einige dm zurück. Die Pflanzen aus den Samen von Ghizeh waren länger, aber dennoch bedeutend kürzer als die des Flachses hier. Dagegen fiel in beiden Kulturen der ägyptischen Saat die ausserordentliche Gleichmässigkeit der Stengellänge und der Stengeldicke auf. Bei grossem Standraum kultiviert, zeigten die Pflanzen, ebenso wie der hier angebaute Lein, sich an der Basis verzweigt und oben reichlich verästelt, oft auch am Boden bogenförmig gekrümmt. Die blauen Blüten waren viel grösser als die des Flachses hier, grösser

sogar als die der Form *Linum usitatissimum grandiflorum* ALEF., *Linum perenne*, *Linum austriacum* und *Linum narbonense*. Auch die Früchte und die Samen waren auffallend gross. Die Kapseln blieben geschlossen und die Scheidewände derselben waren stark behaart. Weiter will ich noch als sehr merkwürdig mitteilen, dass der ägyptische Flachs von Ghizeh unempfindlich für die „Brand"-krankheit war. Mit der Saat von Kafr el Zayat wurden keine Versuche in dieser Richtung angestellt. Herr Gutsbesitzer BOERMA in Pieterburen säte im Jahre 1906 Saat von Ghizeh auf einen „brand"-kranken Acker. Um den mit ägyptischer Saat besäten Teil herum wurde russische Originalsaat gesät. Während nun die aus letzterer hervorgegangenen Pflanzen durch „Brand" völlig vernichtet wurden, zeigte der in der Mitte derselben wachsende ägyptische Flachs keine Spur der Krankheit. Ob auch bei länger dauernder Kultur in hiesiger Gegend die Nachzucht der ägyptischen Saat für „Brand" unempfindlich bleibt, müssen spätere Versuche entscheiden.

§ 2. Die Vergleichung der Zwischenformen HEERs mit den wilden Leinarten und mit dem kultivierten Lein.

Von den bereits im vorigen Kapitel, S. 11, genannten Zwischenformen HEERS steht der wildwachsende *Linum ambiguum* dem *Linum angustifolium* am nächsten. Ersterer hat aufspringende Kapseln, das Mutationsmerkmal fehlt also wie bei *Linum angustifolium* und auch was der an der Basis verzweigte Stengel betrifft, stimmt er mit diesem letzteren überein. Nur sind die Blumen, Früchte und Samen von *Linum ambiguum* etwas grösser. Im ganzen ist der Unterschied somit sehr gering. Von einigen Autoren wird *Linum ambiguum* denn auch als die einjährige Form des *Linum angustifolium* betrachtet. Nach HEER dagegen kommt *Linum ambiguum* auch ausdauernd vor.

Der im Süden kultivierte *Linum hyemale romanum* ist ein- oder zweijährig, besitzt geschlossene Früchte, mit schwach behaarten Scheidewänden und stimmt, was die Grösse der Blumen, Früchte und Samen betrifft, mit dem hier kultivierten Lein überein. Wir finden bei dieser Form das durch Mutation entstandene Merkmal, die geschlossenen Kapseln, wie bei *Linum usitatissimum*. Dagegen zeigt dieser römische Winterlein mehrere Stengel und steht also in dieser Hinsicht der wilden Pflanze näher. Es scheint also die Anschauung HEERS, dieser *Linum* sei eine Zwischenform, wohl berechtigt.

§ 3. Der kultivierte Lein mit aufspringenden Früchten.

Ausser dem beschriebenen gemeinen Lein mit geschlossenen Kapseln und die genannten Zwischenformen gibt es noch eine Kulturform, welche ich im ersten Kapitel bereits erwähnt habe. Wie oben gesagt wurde, hat diese Pflanze Kapseln, welche bei der Reife aufspringen und wird deshalb *Klanglein* oder *Springlein* genannt, im Gegensatz zum *Schliesslein* oder *Dreschlein*, unserem gemeinen Lein. Sie wird mit verschiedenen botanischen Namen angedeutet, nämlich: *Linum crepitans* Dum., *Linum usitatissimum crepitans* Böningh., *Linum usitatissimum* var. *crepitans* Schübl. et Mart. Man stellt es gewöhnlich so vor, dass der Lein in zwei Hauptformen, Hauptrassen, Varietäten oder Abarten gefunden wird, deren eine der gewöhnliche Lein ist, deren andere *Linum usitatissimum crepitans* genannt wird.

Linum crepitans wird von den meisten Autoren als synonym mit *Linum humile* betrachtet, welche Pflanze von Miller [1]) als eine gesonderte Spezies beschrieben wurde. Nach Körnicke [2]) aber ist *Linum humile* Mill. nicht synonym mit *Linum crepitans* Böningh., weil Miller in seiner Beschreibung nicht angibt, dass die Früchte des *Linum humile* aufspringen. Wahrscheinlich nimmt also Körnicke an, dass die von Miller beschriebene Spezies, *Linum humile*, ebenso wie die von ihm beschriebene Spezies, *Linum usitatissimum*, geschlossene Früchte hat. Meiner Meinung nach besteht aber für diese Annahme kein genügender Grund, weil es mehr auf der Hand liegt, dass Miller die bei den *Linum*arten normale Eigenschaft, das Aufspringen der Kapsel, unerwähnt liess, als ein so abweichendes Merkmal wie das Geschlossenbleiben derselben. Ich glaube deshalb, dass man eher annehmen muss, dass der von Miller beschriebene *Linum humile* aufspringende Kapseln besass. Ob aber *Linum humile* indertat synonym mit allen oben aufgezählten Namen ist und dieselbe Pflanze andeutet wie den in Deutschland der Samen wegen kultivierten *Klanglein*, ist zur Zeit nicht entschieden.

Eine unter dem Namen *Linum usitatissimum β humile* im Herbarium des botanischen Laboratoriums in Groningen vorhandene Pflanze hat zwar aufgesprungene Kapseln, dieselbe zeigt aber eine sehr auffallende Übereinstimmung mit *Linum angustifolium*. Weiter erwiesen sich die aus verschiedenen Gegenden unter dem Namen *Linum humile* Mill. erhaltenen Samen bei der

---

[1]) Ph. Miller, Dictionnaire des Jardiniers, 1788, T. IV. S. 408 und 411.

[2]) Fr. Körnicke, l. c.

Kultur hier als vom gewöhnlichen *Linum usitatissimum* mit geschlossenen Früchten stammend.

Den *Klanglein*, *Linum crepitans*, selbst erhielt ich erst nach vieler Mühe. Anfangs meinte ich, dass die Pflanze allgemein bekannt sein würde, weil in fast jeder Arbeit über den Flachs eine Beschreibung vorkommt und man oft angegeben findet, dass dieselbe in mehreren Gegenden, besonders in Süddeutschland [1]) und der Alp, kultiviert wird. Es ergab sich aber das entgegengesetzte als richtig; keiner der Botaniker oder Fachleute, bei denen ich mich erkundigte, hatte den Lein mit aufspringenden Früchten je gesehen, und aus den unter dem Namen *Linum crepitans* erhaltenen Samen gingen stets Pflanzen mit geschlossenen Kapseln auf. Im vergangenen Jahre erhielt ich aber schliesslich durch freundliche Vermittlung des Herrn Prof. FRUWIRTH in Hohenheim die gewünschten Samen. Dieser hatte dieselben vom Herrn Bezirksamtmann SCHUBERTT in Viechtach im bayerischen Wald empfangen. Während der Entwicklung und selbst während der Blüte und der Fruchtbildung war ich nicht imstande festzustellen, ob ich jetzt indertat *Linum crepitans* vor hatte, um so weniger, weil die Blumen kleiner waren als beim hier angebauten Lein, während allgemein angegeben wird, dass die Blume des *Klangleins* grösser als die des *Schliessleins* ist. Die Pflanzen zeigten keinen nennenswerten Unterschied mit denjenigen des gemeinen Leins. Es waren zwar die Stengel niedriger und oben etwas mehr verästelt, aber unter den aus verschiedenen Gegenden stammenden, von mir kultivierten Formen des *Linum usitatissimum* mit geschlossenen Früchten gab es mehrere, bei denen der Stengel noch niedriger und oben noch reichlicher verästelt war als bei diesem *Linum crepitans*.

Während der Fruchtreife bei trocknem Wetter endlich zeigte sich der auffallende Unterschied der Kapseln. Im Sonnenschein sprangen die Früchte mit leisem Klang weit auf und die Samen zerstreuten sich. Die Kapseln erwiesen sich als sehr hygroskopisch, bei feuchtem Wetter sprangen keine auf und die bereits geöffneten schlossen sich wieder ganz oder teilweise. Obgleich die Früchte des gewöhnlichen Leins sich nach der Vollreife beim Trocknen oft ein wenig öffnen, springt der Unterschied zwischen den aufgesprungenen Kapseln beider Formen sehr in die Augen. Am besten zeigt sich dies, wenn die Früchte in einen Exsiccator über konzentrierte Schwefelsäure gelegt werden. Während bei der Frucht des hier kultivierten Leins nur die fünf wahren Scheidewände ein wenig aufspringen und die Früchte sich oben

[1]) G. SCHÜBLER und G. VON MARTENS, Flora von Würtemberg. 1834, S. 211.

nur so viel öffnen, dass die Samen eben sichtbar sind, aber nicht hinausfallen können, springen bei der Kapsel des *Linum crepitans* die fünf wahren und die fünf falschen Scheidewände fast bis zum Fruchtstiel auf und die Samen liegen völlig frei wie in einem offnen, in zehn Teile zerteilten Schüsselchen, ebenso wie bei den Früchten von *Linum angustifolium*, *perenne*, *austriacum* und *narbonense*. Die Kapseln des ägyptischen Leins bleiben selbst im Exsiccator fast vollkommen geschlossen. Die in Fig. 2, Taf. I dargestellten Früchte der verschiedenen Formen zeigen diesen Unterschied deutlich.

Fassen wir jetzt die Merkmale des *Linum crepitans* zusammen zur Vergleichung mit denjenigen des gewöhnlichen Leins. Der Stengel ist einfach und gerade, aber nicht so übermässig lang wie beim hier angebauten Flachs, die Blume ist etwas kleiner, besonders die Breite der Blumenblätter ist geringer, im Gegensatz zu den allgemein verbreiteten Angaben; die Früchte und Samen sind aber, wie angegeben wird, etwas grösser, die Kapsel springt bei der Reife auf und die Pflanze ist einjährig.

Von Planchon[1]), dem wir ein ausführliches Studium der Familie der *Linaceae* verdanken, wird als wichtigster Unterschied zwischen beiden Formen hervorgehoben, dass beim *Schliesslein* der Rand der Scheidewände kahl, beim *Klanglein* hingegen behaart ist. Er gibt die folgenden Diagnosen derselben:

Spec. 1. *Linum usitatissimum* Mill. Annuum; caule basi simplici, erecto, petalis crenatis; capsulae calycem vix excedentis septis semiseptisque margine interno glaberrimis[2]). *L. usitatissimum* L., *L. usitatissimum α vulgare*, Schubl. et Mart.; *Schliesslein*, *Dreschlein*.

Spec. 2. *Linum humile* Mill. Annuum; caule basi simplici, erecto; capsulae calycem subduplo superantis septis semiseptisque margine interno ciliato-pilosis. *L. usitatissimum β crepitans* Schubl. et Mart. *L. crepitans*? Dumort. *Springlein*, *Klanglein*.

Und weiter heisst es: „C'est ainsi que l'examen des bords des cloisons et demi-cloisons des capsules du *L. usitatissimum* et du *L. humile* aurait pu depuis longtemps fournir aux botanistes la marque la plus positive de leur distinction. C'est sur ce point que j'espère l'avoir mise en évidence; mais je dois à Brotero le mérite d'avoir dirigé mon attention sur ce caractère, en s'en servant le premier pour distinguer le *L. usitatissimum* de son *L. agreste* (*L. angustifolium*, Hudson)".

[1]) J. E. Planchon, Sur la famille des Linées. Hooker's London Journal of Botany, Vol, VI und VII, 1847 und 1848.

[2]) Die Spatiierung ist von mir.

In allen späteren Arbeiten, in welchen über diesen Punkt berichtet wird, findet man in Übereinstimmung mit PLANCHON die Ränder der Scheidewände des *Schliessleins* als kahl, die des *Klangleins* als behaart angegeben. Bei meinen Beobachtungen über diesen Gegenstand fand ich das Verhalten der Behaarung der Scheidewände beider Formen aber gerade umgekehrt. Die verschiedenen von mir kultivierten Formen des *Schliessleins* zeigten behaarte Ränder der Scheidewände, einige zwar nur in geringem Grade, andere dagegen wie z. B. die Früchte des ägyptischen Flachses wiesen entschieden eine starke Behaarung der Scheidewände auf. In Übereinstimmung damit ist die Angabe KÖRNICKES [1]), dass der von ihm aus ägyptischem Samen kultivierte Flachs geschlossene Früchte mit behaarten Scheidewänden besass. Die Früchte des *Linum crepitans* dagegen hatten kahle Scheidewände, nur fand ich bei sorgfältiger Beobachtung in den noch nicht aufgesprungenen Kapseln bisweilen sporadisch einzelne Haare an den wahren Scheidewänden, niemals aber an den falschen. Ich muss deshalb hervorheben, dass die Früchte des *Klangleins* kahle Scheidewände besitzen im Gegensatz zu denjenigen des *Schliessleins*, welche schwach bis stark behaarte Scheidewände zeigen.

Der Unterschied mit den Angaben PLANCHONS ist zu auffallend um demselben keine besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Die Vermutung, dass ein so äusserst genauer Untersucher wie PLANCHON hier fehlerhaft beobachtet hat, ist vollkommen ausgeschlossen, ebenso ist es nicht wahrscheinlich, dass unglücklicherweise in den beiden Diagnosen die beiden diesbezüglichen Angaben verwechselt wurden, ohne dass dieses von PLANCHON entdeckt wurde. Die Beobachtungen und Angaben PLANCHONS sind ohne Zweifel richtig, es haben die Früchte des *Schliessleins*, welche er untersuchte, zweifellos kahle und diejenigen der Pflanze, welche er mit dem Namen *Klanglein* andeutete, behaarte Scheidewände gezeigt. Ich glaube aber, durch eine kurze Notiz PLANCHONS in der Flore des Serres [2]) dazu veranlasst, dass die Pflanze, welche PLANCHON unter dem Namen *Klanglein* beschrieb, gar kein *Klanglein* war. Er sagt daselbst: „Cette même espèce (*Linum humile* MILLER, *Linum crepitans*, SCHÜBL. et MART., *Klanglein*) existe dans quelques jardins comme plante d'ornement, sous le nom erroné de *Linum grandiflorum*, qui est celui d'un Lin à fleurs rouges originaire de l'Algérie et parfaitement distinct des espèces cultivées". Indertat hat, wie PLANCHON sagt, die Spezies *Linum grandiflorum* DESF. rote Blumen und unterscheidet sich erheblich vom *Linum usitatissi-*

---

[1]) FR. KÖRNICKE, l. c.

[2]) L. VAN HOUTTE, Flore des Serres, T. VII, 1851—1852, S. 181.

mum LINN., aber es gibt auch eine Form des kultivierten Leins, *Linum usitatissimum var. grandiflorum*, mit blauen Blumen und aus der Beschreibung und den Abbildungen PLANCHONS schliesse ich, dass er höchstwahrscheinlich diese grossblumige Form des *Schliesslein*s anstatt des *Klanglein*s beschrieb. Die Früchte dieses *Linum usitatissimum var. grandiflorum* haben indertat stark behaarte Scheidewände. Ich glaube deshalb annehmen zu müssen, dass PLANCHON durch die Vergleichung von Früchten dieser Form mit denjenigen einer Form des *Schliesslein*s, wo die Scheidewände äusserst schwach behaart waren, dazu geführt wurde die etwaige Behaarung als ein wichtiges Merkmal hervorzuheben. Durch diese Annahme wird ebenfalls die Tatsache erklärt, dass PLANCHON der Behaarung der Scheidewände eine so viel grössere Bedeutung beilegte als dem Geschlossenbleiben und Aufspringen der Kapsel. Hätte PLANCHON wirklich den *Klanglein* vorgehabt, so würde er ohne Zweifel das Aufspringen der Kapseln als ein sehr besonderes Merkmal angedeutet haben, viel wichtiger als die Behaarung. Die Figur 2. Taf. I zeigt wie auffallend der Unterschied indertat ist.

Werden dagegen verschiedene Formen des *Schliesslein*s mit einander verglichen, so wird das Aufspringen der Früchte, welches einige dieser Formen in geringem Grade zeigen, sich nur als ein wenig wichtiges Merkmal dartun. Hierdurch ist es begreiflich, dass PLANCHON der Behaarung grössere Aufmerksamkeit widmete. Weiter muss ich hier noch hinzufügen, dass die Frucht, welche PLANCHON als die des *Klanglein*s abbildete, vollkommen geschlossen war. Dieses ist nur der Fall bei den unreifen Früchten des *Linum crepitans*. Ich bin aber überzeugt, dass wenn PLANCHON den *Linum crepitans* gehabt hätte, er eine aufgesprungene Kapsel abgebildet haben würde.

Aus diesen Tatsachen schliesse ich also, dass die von PLANCHON unter den Namen *Linum humile*, *Linum crepitans* und *Klanglein* beschriebene Pflanze eine Form des *Linum usitatissimum* mit geschlossenen Früchten war, und dass er somit zwei verschiedene Formen des *Schliesslein*s mit einander verglich.

Aus meinen Beobachtungen geht hervor, dass die Behaarung der Scheidewände bei den verschiedenen Formen des *Schliesslein*s sehr verschieden stark ist. Die etwaige Behaarung der Scheidewände der Kapsel ist also nicht ein so konstantes Merkmal, dass es zur Unterscheidung des *Schliesslein*s und *Klanglein*s dienen kann. Ob die späteren Autoren ihre Angaben auf eigener Beobachtung stützen oder nur die Aussprache PLANCHONS wiederholen, kann ich nicht entscheiden.

Wie aber die Sache auch liegt, was die aufspringenden Kapseln betrifft,

stimmt der *Klanglein* mit den wilden Leinarten überein, das Mutationsmerkmal ist wie bei diesen nicht aufgetreten, in den übrigen Eigenschaften dagegen steht *Linum crepitans* dem gemeinen Lein sehr nahe.

Der *Klanglein* bildet somit einen gewissen Gegensatz zum *Linum hyemale romanum*, indem dieser gerade die Eigenschaften der Frucht des gemeinen Leins zeigt, in den übrigen Merkmalen dagegen den wilden Leinarten mehr gleicht. Diese Tatsache beweist, dass die durch Mutation hervorgegangenen Eigenschaften und die in der Kultur mehr labilen Merkmale unabhängig von einander auftreten.

Aus dem Gesagten wird deutlich sein wie die beiden Formen, der *Schliesslein* und der *Klanglein*, sich zu einander verhalten. Es besteht zwischen beiden ein bedeutender, konstanter Unterschied und wir müssen dieselben im Sinne DE VRIES' entweder als zwei Varietäten der Spezies *Linum usitatissimum* LINN. oder als zwei verschiedene Spezies *Linum usitatissimum* LINN., den *Schliesslein* und *Linum crepitans* BÖNINGH, den *Klanglein*, betrachten.

§ 4. **Die verschiedenen Formen des kultivierten Leins mit geschlossenen Früchten.**

Wie oben schon öfters betont wurde, ist der gewöhnliche Lein mit geschlossenen Früchten keine einheitliche Form. Es bestehen von *Linum usitatissimum* mit geschlossenen Kapseln mehrere Unterarten, Abarten, Varietäten, Sorten, Formen oder Rassen, oder wie dieselben angedeutet werden mögen. Diese Formen sind meistens konstant, die Unterschiede unabhängig von den Kulturbedingungen.

Am bekanntesten sind der *Linum usitatissimum var. regale* SCHEIDW. und der *Linum americanum album*. Der erstere ist auch unter dem Namen *Lin royal* von SCHEIDWEILER [1]) beschrieben. Diese Pflanze wird von SCHEIDWEILER mit blauen Blumen abgebildet und auch LANGETHAL [2]) gibt an, dass der *Königslein*, *Lin royal*, blaue Blumen trägt. An anderer Stelle in der Flore des Serres [3]) wird aber über ein *Lin royal* mit weissen Blumen berichtet. Auch *Linum americanum album* trägt weisse Blumen, dieser wird von

[1]) M. SCHEIDWEILER, Sur une nouvelle variété de lin cultivé. L. VAN HOUTTE, Flore des Serres. T. VII, 1851—1852, S. 181.

[2]) CHR. ED. LANGETHAL, Handbuch der landwirthschaftlichen Pflanzenkunde, 1876, S. 155.

[3]) L. VAN HOUTTE, Flore des Serres, T. IX, 1853—1854, S. 178.

einigen Autoren[1]) auch wohl *Königslein* genannt. Weiter wird noch von mehreren Autoren der obengenannte *Linum hyemale romanum* als Rasse oder Varietät des *Linum usitatissimum* betrachtet und nach WIESNER[2]) ist der *Linum usitatissimum forma hiemalis* synonym mit *Linum bienne* MILL. und bildet eine zweijährige Rasse. Nach den Angaben FRUWIRTHS[3]) hat ALEFELD[4]) eine Übersicht verschiedener Formen mit ihren Merkmalen gegeben. Weil mir die Arbeit ALEFELDS nicht zugänglich war, muss ich leider darauf verzichten dieselbe ausführlicher zu besprechen. Nur will ich vollständigkeitshalber mitteilen, dass aus dem Auszug aus ALEFELDS Abhandlung, mir freundlichst vom Herrn Prof. FRUWIRTH geschickt, hervorgeht, dass die von ALEFELD angeführten Formen sich durch die Stengelhöhe, die Grösse und Farbe der Blüten und der Samen, und die Grösse der Kapseln unterscheiden.

Ausser diesen Formen wird, je nach der Gegend, wo die Pflanze kultiviert wird, rheinischer, tiroler, ägyptischer, Bombay- und Ohiolein unterschieden und eine grosse Anzahl von Formen aus den russischen Ostseeprovinzen, wie livländischer, kurländischer Lein, Lein von Pskow u. s. w.

Die vielfach gebrauchten Namen Pernauer und Rigaer Lein beziehen sich auf die Häfen, von wo die Saat exportiert wird. Die von Riga ausgeführte Saat stammt nach den Angaben KUHNERTS[5]) aus Südlivland, Kurland, Litauen, Witbesk, Pskow und in geringerer Menge aus Smolensk, die von Pernau exportierte lediglich aus Livland und zwar vorzüglich aus dem Fellinschen und Wollmarschen Kreis. Die aus beiden Häfen ausgeführte Saat ist aber mehr oder weniger ein Gemisch von Saaten verschiedener Herkunft.

Alle diese russischen Formen weisen einen grösseren oder geringeren konstanten Unterschied der Merkmale auf. Inwieweit wir dieselben aber als Varietäten oder bloss als mehr oder weniger konstante Rassen zu betrachten haben, ist noch nicht entschieden. Die ersten Untersuchungen in dieser Richtung sind von SCHINDLER[6]) gemacht. Er kultivierte mehrere Jahre hindurch einige russischen Leinsorten aus verschiedenen Gegenden. Bei der Vergleichung dieser Sorten kam er zum Resultat, dass zwischen denselben konstante Unterschiede vorhanden waren, welche innerhalb eines Zeitraumes von

---

[1]) G. REINDERS, Handboek voor den Nederlandschen Landbouw en de Veeteelt. Deel II, S. 322.

[2]) J. WIESNER, l. c. S. 279.

[3]) C. FRUWIRTH, l. c. S. 53.

[4]) FR. ALEFELD, Landwirtsch. Flora. 1866, Berlin, PAUL PAREY.

[5]) R. KUHNERT, Der Flachs, seine Kultur und Verarbeitung. 1898.

[6]) F. SCHINDLER, l. c. S. 133.

fünf Jahren, unter dem Einfluss der für alle Sorten geänderten Vegetationsbedingungen bestehen blieben.

Von den verschiedenen Formen des *Linum usitatissimum* mit geschlossenen Kapseln wird in unserem Lande vornehmlich der blaublühende Flachs aus den russischen Ostseeprovinzen, meistens derjenige, dessen Saat von den Häfen Riga oder Pernau exportiert wird, angebaut. Dieser Lein, der gewöhnliche aus Russland stammende *Schliesslein*, bildet den Gegenstand der folgenden Untersuchung und zwar, wie ich bereits in der Einleitung mitteilte, die hier aus der von Riga bezogenen Saat kultivierten Pflanzen.

DRITTES KAPITEL.

Die Variation einiger makroskopischen Merkmale und der Einfluss des Bodens und des Standraumes auf dieselben.

EINLEITUNG.

Unter allen pflanzlichen Merkmalen gibt es wohl kein einziges, das so oft zahlenmässig untersucht worden ist wie die Länge des Flachsstengels. In fast jeder Arbeit über den Flachs, es sei in wissenschaftlicher oder mehr praktischer Richtung, findet man darüber Angaben. Dies liegt auf der Hand, denn von der Stengellänge ist die Länge des Faserbündels abhängig und hiermit steht der gesamte Fasergehalt in unmittelbarem Zusammenhang. Die Stengellänge ist deshalb ein bedeutender Faktor bei der Schätzung des Wertes der Kulturpflanze. Weil nun aber die Stengeldicke in einer gewissen Beziehung zur Länge steht, ist es natürlich, dass man auch diesem Merkmale seine Aufmerksamkeit gewidmet hat und demzufolge sind ebenfalls die Angaben über die Stengeldicke sehr zahlreich.

Fast ohne Ausnahme beschränken diese Angaben sich auf die Mitteilung einer einzigen Zahl, besten Falles findet man nur angegeben, dass die angeführte Zahl ein Durchschnittswert ist, aus einer gewissen Anzahl von Beobachtungen erhalten, welche Anzahl bald etwas grösser, bald geringer ist; meistens ohne genaue Beschreibung des Materials, das zur Bestimmung dieses mittleren Wertes diente.

In der letzten Zeit aber stellt man derartigen Untersuchungen ganz andere Anforderungen. Es genügt selbst nicht mehr den Mittelwert zu kennen, sei es aus einer grösseren Anzahl von Beobachtungen, man will ausserdem wissen, ob die Abweichungen vom Mittelwert, welche die verschiedenen Individuen aufweisen, beziehungsweise gross oder gering sind,

und auf welche Weise die Individuen, je nach dem Wert ihres Merkmals, um dieses mittlere Exemplar gruppiert sind. Derartige Fragen werden gegenwärtig beim Studium der Merkmale gestellt und die statistische Methode, welche diese Fragen veranlasst hat, lehrt uns auch dieselben kurz und genau zu beantworten. Dadurch ist es uns möglich die Merkmale in ihrem ganzen Umfang, in allen ihren Ausserungen kennen zu lernen und nur in dieser Weise gewinnen wir eine richtige Einsicht in das Wesen der Merkmale und dadurch in das Wesen der Pflanze.

Bei derartigen Untersuchungen der Merkmale nun ist die Wahl des Materials der zumeist hervorragende Faktor. Gestattet ist nur die Verwendung desjenigen Materials, bei welchem jeder Vorzug, auch selbst der geringste, ausgeschlossen ist, also die Verwendung eines ganz ohne jede Wahl gesammelten Materials. Aus eigener Erfahrung weiss ich, wie ausserordentlich wichtig es ist die Untersuchungsobjekte mit der grössten Sorgfalt zu wählen. Ich betone diesen Punkt hier nachdrücklich, weil meines Erachtens diesem Faktor in vielen statistischen Untersuchungen zu wenig Wert beigemessen ist, und manche derartige Untersuchung durch ungeeignete Wahl des Materials einen grossen Teil ihres Wertes, wenn nicht ihren ganzen Wert eingebüsst hat. Ein gutes Beispiel, auf welche Weise das Material für statistische Untersuchungen gewählt werden soll, liefert PRINS[1]) in seiner Arbeit über die fluctuierende Variabilität mikroskopischer Strukturen.

Unter allen Arbeiten, in denen die makroskopischen Merkmale des Flachsstengels behandelt werden, gibt es nun nur eine einzige, in welcher diese Merkmale ausführlicher und genauer studiert sind, und die Beobachtungszahlen grösser sind als gewöhnlich der Fall ist. Es ist die Arbeit SCHINDLERS[2]) über den russischen Lein. Sein Zweck war die verschiedenen Leinsorten des russischen Nordwestgebietes mit einander zu vergleichen um zu untersuchen, ob die bestehenden Unterschiede konstant sind und welche Sorte für die Praxis den Vorzug verdient. Sein Resultat, die Konstanz der verschiedenen Sorten betreffend, habe ich im zweiten Kapitel bereits mitgeteilt. Obgleich der eigentliche Gegenstand der Untersuchung also grösstenteils ausser dem Rahmen vorliegender Abhandlung fällt, so finden sich dennoch in SCHINDLERS Arbeit auch mehrere für uns wichtige Besonderheiten.

SCHINDLER untersuchte mehrere Jahre hindurch Länge, Dicke und Fasergehalt des Stengels und die Anzahl der Äste dieser verschiedenen Sorten.

[1]) J. J. PRINS, De fluctueerende variabiliteit van microscopische structuren bij planten. Inaug. Diss. Groningen, 1904.

[2]) F. SCHINDLER, l. c.

Sie wurden von ihm selbst kultiviert; das Saatquantum wurde nach 83 Kg, das ist ungefähr 1,24 Hektoliter pro Hektar, berechnet und die Samen wurden in einer Reihenentfernung van 10 cm ausgesät, wodurch jeder Pflanze ein so grosser Standraum dargeboten wurde, dass sie sich frei entfalten konnte. Um den Zusammenhang zwischen genannten Merkmalen bei Individuen derselben Sorte zu studieren, untersuchte SCHINDLER 60 Pflanzen jeder Kultur und teilt die bei denselben erhaltenen, für die verschiedenen Merkmale jeder Pflanze zusammengehörenden, Zahlen mit. Sein Resultat über die Beziehung, welche zwischen den verschiedenen Merkmalen innerhalb derselben Sorte besteht, werde ich im nächsten Kapitel besprechen. Obgleich die angeführten Zahlen uns lehren können in welcher Weise der Wert dieser Merkmale bei den untersuchten Exemplaren variierte, können dieselben dennoch kein richtiges Bild der Merkmale in ihrem ganzen Umfang geben. Dafür ist die Anzahl 60 zu gering, und überdies hat SCHINDLER noch absichtlich den für ihn wertlosen, dünnen Nachwuchs ausgeschieden und es fehlen also die für die Kenntnis der Merkmale ebenso wichtigen kleinsten Individuen. Weil es aber SCHINDLERS Aufgabe nicht war die Merkmale an und für sich zu studieren, so sind die angeführten Zahlen für seinen Zweck durchaus genügend. Die von ihm erhaltenen mittleren Werte der verschiedenen Merkmale werde ich bei der Behandlung jedes einzelnen Merkmals besprechen.

Über den Einfluss, welchen der Boden auf die Merkmale ausübt, liegen zahlreiche Versuche vor. Denn es ist eine in der Praxis längst bekannte Tatsache, dass die Ausbildung der Leinpflanze in hohem Masse von den Nahrungsbedingungen abhängig ist und dass der Flachs, nicht nur sehr ausserordentliche Anforderungen an den Boden stellt, sondern auch im allgemeinen einen fruchtbaren Boden braucht, wenn ein vorzügliches Gewächs erhalten werden soll. Es liegt deshalb auf der Hand, dass besonders von den Landwirten sehr oft Versuche auf verschiedenen Bodenarten und mit allerlei Düngungsmitteln angestellt sind.

Aber auch von wissenschaftlicher Seite sind derartige Versuche gemacht. Ich will hier nur die ausführlichen Untersuchungen HECKERS[1]) erwähnen, welche die Düngungsfrage des Leins sehr wesentlich gefördert haben. Die Angaben der Resultate der Versuche beschränken sich aber gewöhnlich auf einige Mitteilungen über den Wert des erhaltenen Gewächses für die Praxis u. a. ob der Flachs lang, dünn, wenig verästelt, oder kürzer, dicker und mehr verzweigt ist, welche Farbe der Stengel zeigt und wie gross der Ernteertrag

---

[1]) A. HECKER, Ein Beitrag zur rationellen Kultur des Leins. Inaug. Diss. Heidelberg, 1897.

ist, unter den verschiedenen untersuchten Bedingungen. Für die Praxis sind derartige Angaben durchaus genügend; aber sie lehren uns nicht den Einfluss dieser Nahrungsbedingungen auf die Merkmale an und für sich vollständig kennen.

Wie vom Boden so ist die Entwicklung der Flachspflanze auch in bedeutendem Grade von dem ihr gebotenen Standraum abhängig. Der Einfluss dieses Faktors ist ebenfalls von den Praktikern sehr oft untersucht. Bei undichter Saat werden zwar längere Stengel erhalten, dieselben sind aber dicker und reichlicher verästelt. Für die Landwirte erscheint es demzufolge ökonomisch wichtig die richtige Saatdichte, bei welchen der grösst mögliche Faserertrag pro Hektar erhalten wird, zu finden, und es wundert uns deshalb nicht, dass der Einfluss des Standraumes vielfach untersucht worden ist. Aber auch in diesem Falle wurden die Versuche aus praktischen Gründen unternommen und es beziehen die Angaben der Resultate sich im allgemeinen nur auf für den Handel wichtige Merkmale, wie Stengel- und Samenertrag bei verschiedenem ausgesätem Saatquantum, höchtens unter Mitteilung des geschätzten Durchschnittswertes der Stengellänge.

Nur von Havenstein[1]) wurde der Einfluss des Standraumes auf verschiedene makroskopische und mikroskopische Merkmale des Flachses ausführlicher studiert. Er verglich dazu drei Parzellen, deren Saatquantum sich wie 1, 2 und etwas weniger als 3 verhielten, die Stärke der Aussaat der am undichtesten gesäten nach 1,33 Hektoliter pro Hektar berechnet. Zur Untersuchung wurden je 5, 20 oder 60 normalen Pflanzen aus den verschiedenen Ernten gewählt. Die Resultate des Studiums dieser Stengel werde ich später besprechen.

Weil aber die Zahl der von Havenstein untersuchten Stengel sehr gering ist, lehren seine Untersuchungen uns nur im allgemeinen den Einfluss des Standraumes auf den mittleren Wert der Merkmale einiger ausgewählten Pflanzen kennen, aber nicht den Einfluss dieses Faktors auf medianen Wert, Variabilität, Minimum und Maximum der Merkmale.

---

[1]) G. Havenstein, Beitrage zur Kenntniss der Leinpflanze und ihrer Cultur. Inaug. Diss. Göttingen, 1874.

EIGENE UNTERSUCHUNG.

§ 1. Die Beschreibung der Kulturen.

Um die auch für die Praxis so wichtigen Fragen nach dem Einfluss äusserer Bedingungen auf die Flachspflanze genauer zu studieren, habe ich in dieser Richtung einige Versuche angestellt, erstens über den Einfluss des Bodens und zweitens über den Einfluss des den Pflanzen dargebotenen Standraumes auf mehrere Merkmale des Leins. Für die Untersuchung wurde im Jahre 1904 im botanischen Garten in Groningen Flachs auf zwei nebeneinanderliegenden Parzellen von je 12 qm kultiviert. Der Boden der einen Parzelle bestand aus tüchtig gedüngter Gartenerde. Der andere Acker wurde 80 cm tief ausgegraben. Auf den Boden und an die vertikalen Wände der Grube wurde nun eine doppelte Schicht braungelber Pappe, zusammen ungefähr 4 mm dick, gelegt und die Grube darauf wieder mit sehr magerer, sandiger, etwas lehmiger Erde aus einer Gegend in der Nähe der Stadt angefüllt. Die Pappeschicht sollte verhüten, dass die Wurzeln des Flachses, welche bekanntlich tief in den Boden hinabsteigen, den fruchtbaren Untergrund erreichten. Diese Massregel erwies sich als zweckentsprechend, denn im Herbste, nachdem die Ernte stattgefunden hatte, war die Pappe noch völlig intakt, die Wurzeln hatten dieselbe wohl erreicht, waren aber nicht durch die Schicht gedrungen.

Beide Parzellen, die mit magerer und die mit fetter Erde, wurden in zwei Teile geteilt. Am 11. April wurden die Samen auf je eine Hälfte aus der Hand gesät, auf beide mit gleicher Dichte, das Saatquantum nach 4 Hektoliter pro Hektar berechnet. Die Samen stammten von der aus Riga bezogenen Flachssaat, von welcher in der allgemeinen Einleitung die Rede war. Über jeden Ackerteil wurde in einer Entfernung von etwa $2^1/_2$ dm vom Boden, Drahtnetz mit Maschen von ungefähr 2 auf 2,5 cm Durchmesser ausgespannt. Anfangs diente dieses zum Schutz der Samen gegen die Vögel. Später erwies es sich als ein vorzügliches Mittel das Lagern der Pflanzen zu verhüten, ein Übel, welches sonst die Kultur des Leins auf solchem kleinen Flächenraum fast unmöglich macht. Dieses Verfahren ist dem sogenannten Ländern oder Stützen ähnlich, welches man besonders früher in einigen Gegenden Belgiens und Frankreichs anwendete. Hierbei wurde in einiger Entfernung vom Boden mittels Holzgabeln und Stangen Reisig gelegt, so

dass die Pflanzen gezwungen waren durch die Lücken hindurch zu wachsen. Auf diese Weise erhielt man den besten und feinsten Flachs, den sogenannten Batistflachs oder Lin ramé.

Auf der anderen Hälfte beider Äcker wurden Pflanzen sehr weit voneinanderentfernt kultiviert. Hierzu wurden die Samen vorher in zwei Keimschüsseln, eine mit fetter und eine mit magerer Erde, von den beiden Parzellen herrührend, gesät. Nach einigen Tagen wurden die Keimpflanzen, deren Kotyledonen eben entfaltet waren, auf den fetten und auf den mageren Boden im Garten ausgepflanzt. Die Pflänzchen wurden in einer gegenseitigen Entfernung von etwa 25 cm gestellt, so dass jedes Individuum bei seiner Entwicklung einen so grossen Standraum zur Verfügung hatte, dass die benachbarten Pflanzen, auch mit ihren Wurzeln einander durchaus nicht berührten. Jedes Ackerstück erhielt ungefähr 120 Pflanzen. Im Laufe des Sommers und nach der Ernte gingen durch verschiedene Ursachen einige Pflanzen verloren, es blieben schliesslich von jeder Parzelle 107 übrig. Diese wurden alle für die Untersuchung gebraucht.

Als die weit auseinanderstehenden Pflanzen 1 bis 2 dm lang geworden waren, wurde jede an eine daneben im Boden gestellten Stange gebunden um das Umfallen zu verhüten.

Am 23. Juli wurden die dicht gesäten Pflanzen des fetten und des mageren Bodens gerauft. Die unteren Blätter derselben waren abgefallen, die übrigen gebräunt und die Kapseln zeigten eine schwach gelbe Farbe. Zu dieser Zeit blühten die weitstehenden Pflanzen noch, diese wurden deshalb erst am 10. August, nach dem Abblühen, geerntet.

Es standen mir somit 4 Kulturen unter sonst gleichen Bedingungen zur Verfügung. Einerseits konnten die dichtstehende und die weitstehende Kultur des fetten Bodens mit den übereinstimmenden Kulturen des mageren Bodens verglichen werden um den Einfluss des Bodens zu studieren, und anderseits konnte die Vergleichung der dichtstehenden Pflanzen mit den weitstehenden, sowohl auf fettem wie auf magerem Boden den Einfluss des Standraumes kennen lernen.

Ausser diesen Kulturen im botanischen Garten untersuchte ich auch noch Pflanzen von zwei Flachsäckern in der Provinz Groningen. Auch dieser Flachs stammte von der in der Einleitung genannten Saat. Der eine Acker lag im Norden der Provinz, in Usquert, in einer für den Flachsbau sehr geeigneten Gegend, wo der Boden aus leichtem, alluvialem Lehm bestand. Dieser Acker lieferte ein ausserordentlich gutes Gewächs. Der Boden des anderen Ackers, zum „Veenkoloniaal Proefveld" in Sappemeer-Oost gehörend, war ein abge-

torfter Moorboden. Diese Parzelle war absichtlich für diese Untersuchung gewählt, weil es sich von vornherein erwarten liess, dass hier Flachs von geringer Qualität wachsen würde.

Die Saatdichte betrug auf beiden Äckern 2,25 Hektoliter pro Hektar. In Sappemeer wurde die Ernte am 19. Juli, in Usquert am 23. Juli vorgenommen.

Wie ich schon in der Einleitung erwähnte, eignete der Boden des botanischen Gartens sich vorzüglich für die Flachskultur und der von der Parzelle mit Gartenerde stammende Flachs erwies sich von ausgezeichneter Qualität ebenso wie der Flachs vom Acker in Usquert. Der Flachs von der mit magerer Erde angefüllten Parzelle im botanischen Garten war kürzer als in der Praxis für guten Flachs erforderlich ist und auch der Ertrag pro qm war viel geringer. Die Stengel waren aber sehr gleichmässig und dünn und lieferten nach der Röste und Bearbeitung sehr feinen Reinflachs von ausgezeichneter Qualität, welcher sogar den Reinflachs von den auf der Parzelle mit Gartenerde kultivierten Pflanzen, in Farbe, Glanz, Weichheit und Feinheit übertraf. Derselbe war aber, wie gesagt, bedeutend kürzer. Der Prozentgehalt an Reinflachs des gerösteten Flachses betrug beim Flachs der Kultur auf fettem Boden 29,88, bei demjenigen der Kultur auf magerem Boden 28,82; Werte, welche nur unbedeutend auseinandergehen und in beiden Fällen einen in der Praxis sehr hoch geschätzten Gehalt andeuten. Diese Ziffern verdanke ich dem Herrn Dr. DE RUIJTER DE WILDT, unter dessen Leitung der Flachs in der künstlichen Röstanstalt des Herrn Dr. SJOLLEMA geröstet und darauf weiter bearbeitet wurde.

Die Pflanzen vom Acker in Sappemeer unterschieden sich schon beim ersten Anblick von denjenigen der drei zuerst genannten Kulturen. Der Stengel war nicht, wie er sein soll, goldgelb, sondern missfarbig, spröde anstatt schmiegsam, kurz und oben reichlicher verästelt und dazu an der Basis bogenförmig gekrümmt. Die Vermutung, dass der Flachs dieses Ackers geringerer Qualität sein würde, fand somit Bestätigung. In Fig. 1, Taf. I, rechts ist ein solcher Stengel abgebildet.

Die Pflanzen, welche auf den Parzellen im botanischen Garten mit grossem Standraum kultiviert wurden, also unter ganz anderen Umständen als in der gewöhnlichen Kultur, waren demgemäss dem amgebauten Flachs gar nicht ähnlich. Sowohl auf fettem wie auf magerem Boden, aber besonders auf ersterem wurden grosse, kräftige, aufrecht stehende Pflanzen erhalten, mit mehreren am Boden entspringenden Seitenzweigen, welche wie der Hauptstengel oben sehr reich verästelt waren. Die Pflanzen sahen wie kleine Straücher aus. In Fig. 1, Taf. I ist in der Mitte eine derselben dargestellt und links eine Pflanze der gewöhnlichen dichtgesäten Kultur.

§ 2. Die Methode der Untersuchung.

Zur Untersuchung wurde nun das Material aus den dichtgesäten Kulturen im botanischen Garten und von den Äckern in Usquert und in Sappemeer mit der grössten Sorgfalt derart genommen, dass dasselbe ein getreues Bild des Flachses der ganzen Parzelle gab. Hierzu raufte ich zur Zeit der Ernte in der Mitte des Ackers an einer einzigen Stelle alle Pflanzen, auch die allerkleinsten bis 300 erhalten waren. Diese 300 Pflanzen jeder Kultur und zudem die 107 Pflanzen des fetten und die 107 des mageren Bodens dienten zur folgenden Untersuchung.

Nachdem die Pflanzen lufttrocken geworden waren, wurde von jeder die Wurzel samt dem hypokotylen Glied beim Keimblattansatz abgeschnitten und die Kapsel oder die Kapseln sehr vorsichtig entfernt, damit kein Stückchen des Stengels verloren gehen sollte. Von diesen Stengeln, Früchten und den darin vorhandenen Samen wurden nun mehrere Merkmale untersucht. Diese sind: 1. Stengellänge, 2. Stengellänge bis zur ersten Verästelung, 3. Stengeldicke in halber Hohe, 4. Stengeldicke an der Basis, 5. Stengelgewicht, 6. Anzahl der Seitenzweige an der Basis, 7. Prozentzahl der am oberen Ende verästelten Pflanzen, 8. Anzahl der Früchte, 9. Diameter der Frucht, 10. Gewicht der Frucht, 11. Anzahl der Samen pro Frucht, 12. Gewicht des Samens, 13. Länge des Samens, 14. Breite des Samens. Diese Numerierung der Merkmale findet sich in den späteren Tabellen und Angaben zurück. Die Mehrzahl dieser Merkmale habe ich nach der statistischen Methode untersucht, von einigen, bei welchen die statistische Untersuchung Schwierigkeiten darbot oder zu viel Zeit beanspruchen würde, habe ich den Durchschnittswert bestimmt, und diese Werte der verschiedenen Kulturen mit einander verglichen. Falls die Merkmale statistisch bestimmt wurden, habe ich aus den erhaltenen Zahlen einige Konstanten berechnet und Kurven konstruiert. Diese Konstanten sind der mediane Wert, M,[1]) das erste Quartil, Q_1, das zweite Quartil, Q_2, der daraus berechnete Mittelwert, Q und der Variabilitätskoeffizient $\frac{Q_1 + Q_2}{2M} = \frac{Q}{M}$. Der mediane Wert ist derjenige Wert des Merkmals, welcher von 50 °/₀ der Individuen nicht erreicht, von 50 °/₀ dagegen überschritten wird. Das erste Quartil, Q_1, repräsentiert diejenige Abweichung vom medianen Wert, welche 25 °/₀ der Individuen nicht erreicht,

[1]) Um Irrtümer vorzubeugen hebe ich hervor, dass ich im Anschluss an GALTON den medianen Wert mit M bezeichnen bleibe, obgleich von DAVENPORT (Statistical Methods, S. 13) diese Buchstabe zur Andeutung des Maximums der Frequenzen (Mode), von DUNCKER (Die Methode der Variationsstatistik S. 11) für den arithmetischen Mittelwert gebraucht wird.

das zweite Quartil, Q_2, diejenige Abweichung vom medianen Wert, welche von 25 °/₀ überschritten wird. Weiter ist der Variabilitätskoeffizient $\frac{Q}{M}$ das Mass der Variabilität, wie dies von VERSCHAFFELT [1]) für normale symmetrische Kurven, wo $Q_1 = Q_2$, eingeführt ist.

Meiner Erfahrung nach sind diese Konstanten für Untersuchungen wie vorliegende besonders geeignet, weil dieselben leicht verständliche Begriffe darstellen und zudem mit sehr geringer Mühe und geringem Zeitaufwand erhalten werden. Dagegen erheischt die Berechnung der vielfach gebrauchten Konstanten, des arithmetischen Mittelwertes und des Variabilitätsindexes viel Arbeit.

Auch bei der mathematischen Behandlung der Variationskurven ist der Gebrauch der Konstanten M und Q dem der anderen vorzuziehen, wie von KAPTEYN in einer demnächst über diesen Gegenstand zu publizierenden Abhandlung gezeigt wird.

Der mediane Wert und die Quartile werden in der folgenden sehr einfachen Weise bestimmt. Ich teile die Methode hier mit, weil ich glaube, dass dieselbe jedem, der mit derartigen Untersuchungen anfängt, viel Zeit und nützlose Mühe ersparen kann.

Beim Anfang der Untersuchung wird zuerst festgestellt mit welcher Genauigkeit die Bestimmung des Merkmals stattfinden soll. Hierzu wird aus dem Material ein Minimum- und ein Maximumvariant gewählt und bei beiden wird der Wert des Merkmals bestimmt. Der Unterschied beider Werte wird nun in eine gewisse Anzahl von Intervallen verteilt. Diese Anzahl wird, je nach dem Merkmal und der Variabilität desselben, sehr verschieden sein können, aber womöglich soll dieselbe 20 bis 40 oder 50 betragen. Diese Intervalle werden in auffolgender Reihe unter einander an der linken Seite auf einen Bogen karriertes Papier geschrieben. Dieses Papier ist in Quadrate verteilt, je fünf in horizontaler und je fünf in vertikaler Richtung durch fettere Linien angedeutet. Während der Untersuchung wird nun jeder beobachtete Wert durch einen Strich in ein Quadrat hinter dem betreffenden Intervall verzeichnet, die Striche für das nämliche Intervall hinter einander in die aufeinanderfolgenden Quadrate. Nachdem 100 Beobachtungen gemacht sind, werden die äussersten Striche jeder horizontalen Reihe durch eine Linie verbunden, welche sogleich die Form der Kurve sichtbar macht.

---

[1]) ED. VERSCHAFFELT, Ueber graduelle Variabilität von pflanzlichen Eigenschaften. Ber. d. d. bot. Ges. Bd. XII, 1894, S. 350.

Die folgenden 100 Beobachtungen werden nun durch einen anders gerichteten Strich in dieselben Quadrate, wieder mit dem ersten linken anfangend, verzeichnet, und die Kurve dieser 100 Beobachtungen durch eine anders gefärbte Linie angedeutet. Wenn diese beiden Kurven genügend zusammenfallen werden keine Beobachtungen mehr gemacht. Decken die Kurven sich nicht schön, so werden abermals 100 Exemplare bestimmt, und dabei der Strich wiederum anders gerichtet und die Kurve wieder in anderer Farbe gezeichnet. Ist es nötig, so werden noch zum vierten Male 100 Beobachtungen gemacht. In der Regel genügen aber 200 oder 300. Zur Bestimmung der Konstanten wird nun oben mit dem Minimum anfangend $^1/_4$ der Anzahl aller Individuen abgezählt und der Strich, der erreicht ist, markiert; in derselben Weise fortfahrend werden die Striche, welche $^1/_2$ und $^3/_4$ der Anzahl aller Individuen angeben, markiert. Die zu den markierten Strichen gehorenden Werten konnen sogleich aus den Intervallen abgelesen werden, oder wenn man etwas genauer verfahren will, leicht durch Interpolation gefunden werden. Der bei der halben Anzahl der Individuen verzeichnete Wert ist die Mediane. Die bei $^1/_4$ und $^3/_4$ gefundenen Werte nenne ich respectiv Q_o und Q_p.

Der Unterschied zwischen der Mediane und Q_o gibt nun sogleich das erste Quartil, Q_1, der Unterschied zwischen Q_p und der Mediane das zweite Quartil, Q_2.

In der beschriebenen Weise verfahrend, lernt man erstens die Form der Kurve, also die Art des Variierens kennen und die aufeinanderfolgenden Kurven zeigen, welche Unregelmässigkeiten mit der Zunahme der Beobachtungszahl verschwinden. Zweitens ist die Bestimmung der Konstanten sehr genau, leicht und wenig zeitraubend und geht ohne verwickelte mathematische Berechnungen vor sich. Zudem sind die Frequenzzahlen sogleich durch Dividierung durch 2, 3 oder 4, je nach der Anzahl der Hunderte der Beobachtungen, zu erhalten. Weiter können die Individuen je nach Belieben in Gruppen zu grösseren Intervallen kombiniert werden, wie dies vielfach zum Zeichnen der Kurve der Frequenzzahlen notwendig ist, weil die Zahl der Intervallen bei der Untersuchung gewöhnlich, der grösseren Genauigkeit wegen, viel grösser genommen wird.

Auch wenn die Anzahl der Beobachtungen aus irgend einer Ursache nicht genau einer Hundertzahl entspricht, werden die Konstanten in derselben einfachen Weise erhalten und lernt man aus der sich während der Arbeit bildenden Kurve die Art des Variierens des Merkmals kennen. Nur wenn man in diesem Falle die Frequenzzahlen zur Konstruktion einer Kurve

braucht, weil man dieselbe mit einer anderen vergleichen will, verlangt die Berechnung dieser Frequenzzahlen etwas mehr Arbeit.

Die hier beschriebene, von mir ausgearbeitete Methode benutze ich schon seit mehreren Jahren. Sie wurde auf meine Veranlassung mit gutem Erfolge auch von PRINS [1]) bei seiner Untersuchung über die Variabilität mikroskopischer Strukturen in hiesigem Laboratorium angewendet.

Die Vergleichung der für die Merkmale bei den verschiedenen Kulturen erhaltenen Konstanten wird nun lehren in welcher Weise die Merkmale vom Boden und vom Standraum beeinflusst werden.

Zudem illustrieren die auf Tafel VI dargestellten Kurven in leicht verständlicher Weise den Einfluss dieser beiden Faktoren. Alle Kurven sind aus den Frequenzzahlen konstruiert und können somit unmittelbar mit einander verglichen werden. Jede einzelne Figur bezieht sich auf ein einziges Merkmal. In diesen Figuren stehen die Kurven paarweise auf derselben Abscisse; oben in der Figur sind die zwei Kurven für die beiden dichtstehenden Kulturen gestellt und darunter die zwei Kurven der beiden weitstehenden Kulturen. Nur die Kurvenpaare der Anzahl der Früchte sind nicht unter, sondern neben einander gestellt, der geeigneteren Verteilung des Raumes auf der Tafel wegen. Für alle Merkmale ist bei beiden Kurvenpaaren die Kurve der Kultur auf magerem Boden durch eine punktierte Linie angedeutet, diejenige der Pflanzen auf fettem Boden ist mit ununterbrochener Linie gezeichnet. Womöglich haben die beiden Kurvenpaare das nämliche Intervall, wo dies nicht der Fall ist, hat jedes Paar seine eigenen Ordinaten und seine eigene Abscisse.

Die Kurven des Flachses von Usquert und von Sappemeer sind nicht angegeben, weil dieselben nicht viel von denjenigen der dichtgesäten Kulturen abweichen.

§ 3. Die aus den Beobachtungen erhaltenen Konstanten der Merkmale.

In der folgenden Tabelle 1 habe ich die für die 4 Kulturen des botanischen Gartens und für den Flachs Usquerts und Sappemeers erhaltenen Konstanten, M, $\underset{\sim}{Q}$ und $\frac{Q}{M}$ und ausserdem den Minimum- und Maximumwert angegeben. Von oben nach unten findet man in auffolgender Reihe: *a.* die Werte für die dichtstehenden Pflanzen auf fettem Boden, *b.* für die dichtstehenden auf magerem Boden, *c.* für die weitstehenden Pflanzen auf fettem

---

[1]) J. J. PRINS, l. c.

Boden und *d.* für die weitstehenden auf magerem Boden; dann folgen die Werte für den Flachs von Usquert und von Sappemeer.

In derselben Weise sind in der darauffolgenden Tabelle 2 die arithmetischen Mittelwerte unter einander verzeichnet.

Die Numerierung der Merkmale ist die, welche auf Seite 39 angegeben ist.

Tabelle 1.

		M	Q	$\frac{Q}{M}$	Minimum.	Maximum.
1. Totale Stengellänge.	*a.* fetter Boden, dichtstehend.	75,9 cm	7,58 cm	0,099	48 cm	101 cm
	b. magerer Boden, dichtstehend.	61,4 „	7,60 „	0,122	34 „	90 „
	c. fetter Boden, weitstehend.	121,7 „	10,32 „	0,085	79 „	149 „
	d. magerer Boden, weitstehend.	91,5 „	16,68 „	0,180	35 „	133 „
	Usquert.	74,0 „	7,33 „	0,099	49 „	101 „
	Sappemeer.	62,5 „	5,06 „	0,081	45 „	86 „
2. Stengellänge bis zur Verästelung.	*a.* fetter Boden, dichtstehend.	74,5 cm	6,0 cm	0,082	60 cm	92 cm
	b. magerer Boden, dichtstehend.	67,5 „	4,75 „	0,070	56 „	80 „
	c. fetter Boden, weitstehend.	57,5 „	10,0 „	0,170	21 „	89 „
	d. magerer Boden, weitstehend.	43,5 „	10,4 „	0,240	8 „	76 „
	Usquert.	70,0 „	6,87 „	0,098	56 „	89 „
	Sappemeer.	56,0 „	5,53 „	0,098	43 „	76 „

		M	Q	$\frac{Q}{M}$	Minimum.	Maximum.
3. Stengeldicke in halber Höhe.	*a.* fetter Boden, dichtstehend.	0,91 mm	0,15 mm	0,166	0,45 mm	1,83 mm
	b. magerer Boden, dichtstehend.	0,74 „	0,10 „	0,140	0,43 „	1,23 „
	c. fetter Boden, weitstehend.	4,04 „	0,35 „	0,086	2,50 „	5,40 „
	d. magerer Boden, weitstehend.	2,78 „	0,75 „	0,270	0,60 „	4,70 „
	Usquert.	1,11 „	0,17 „	0,150	0,58 „	1,87 „
	Sappemeer.	1,00 „	0,10 „	0,100	0,57 „	1,55 „
4. Stengeldicke an der Basis.	*a.* fetter Boden, dichtstehend.	1,04 mm	0,17 mm	0,159	0,53 mm	2,06 mm
	b. magerer Boden, dichtstehend.	0,86 „	0,12 „	0,134	0,47 „	1,37 „
	c. fetter Boden, weitstehend.	6,05 „	0,88 „	0,130	3,30 „	9,40 „
	d. magerer Boden, weitstehend.	3,74 „	0,96 „	0,230	0,80 „	6,00 „
	Usquert.	1,38 „	0,19 „	0,138	0,72 „	2,25 „
	Sappemeer.	1,30 „	0,15 „	0,120	0,76 „	2,03 „
5. Stengelgewicht.	*a.* fetter Boden, dichtstehend.	146,4 mgr	66,8 mgr	0,457	35 mgr	860 mgr
	b. magerer Boden, dichtstehend.	91,7 „	34,8 „	0,380	20 „	280 „
	c. fetter Boden, weitstehend.	12300 „	3175 „	0,260	2600 „	14500 „
	d. magerer Boden, weitstehend.	3050 „	1787 „	0,580	40 „	8600 „

		M	Q	$\frac{Q}{M}$	Minimum.	Maximum.
8. Anzahl der Früchte.	*a.* fetter Boden, dichtstehend.	1,17			1	8
	b. magerer Boden, dichtstehend.	1,03			1	4
	c. fetter Boden, weitstehend.	114,5	34,0	0,290	24	270
	d. magerer Boden, weitstehend.	34,5	16,9	0,490	1	93
	Usquert.	1,43			1	11
	Sappemeer.	2,33			1	8
9. Diameter der Frucht.	*a.* fetter Boden, dichtstehend.	6,87 mm	0,48 mm	0,069	4,33 mm	7,83 mm
	b. magerer Boden, dichtstehend.	6,53 „	0,65 „	0,099	3,06 „	7,78 „
	c. fetter Boden, weitstehend.	6,95 „	0,25 „	0,037	5,69 „	7,84 „
	d. magerer Boden, weitstehend.	6,85 „	0,23 „	0,034	5,10 „	7,55 „
13. Länge des Samens.	*a.* fetter Boden, dichtstehend.	4,28 mm	0,19 mm	0,044	3,45 mm	4,85 mm
	b. magerer Boden, dichtstehend.	4,098 „	0,14 „	0,034	3,05 „	4,45 „
	c. fetter Boden, weitstehend.	4,15 „	0,11 „	0,0265	3,80 „	4,65 „
	d. magerer Boden, weitstehend.	4,17 „	0,11 „	0,0273	3,70 „	4,45 „
	Usquert.	4,35 „	0,15 „	0,035	3,80 „	4,85 „
	Sappemeer.	4,30 „	0,14 „	0,032	3,65 „	4,75 „

		M	Q	$\frac{Q}{M}$	Minimum.	Maximum.
14. Breite des Samens.	*a.* fetter Boden, dichtstehend.	2,25 mm	0,088 mm	0,0388	1,80 mm	2,55 mm
	b. magerer Boden, dichtstehend.	2,19 „	0,088 „	0,0399	1,70 „	2,50 „
	c. fetter Boden, weitstehend.	2,25 „	0,075 „	0,0336	2,00 „	2,55 „
	d. magerer Boden, weitstehend.	2,23 „	0,070 „	0,0314	1,90 „	2,50 „
	Usquert.	2,24 „	0,073 „	0,032	2,00 „	2,55 „
	Sappemeer.	2,26 „	0,069 „	0,030	1,95 „	2,50 „

Tabelle 2.

		Arithmetischer Mittelwert.
6. Anzahl der Seitenzweige an der Basis.	*c.* fetter Boden, weitstehend.	2,28
	d. magerer Boden, weitstehend.	0,14
10. Gewicht der Frucht.	*a.* fetter Boden, dichtstehend.	47,25 mgr
	b. magerer Boden, dichtstehend.	33,25 „
	c. fetter Boden, weitstehend.	58,02 „
	d. magerer Boden, weitstehend.	49,98 „
	Usquert.	49,25 „
	Sappemeer.	51,50 „

		Arithmetischer Mittelwert.
11. Anzahl der Samen pro Frucht.	*a.* fetter Boden, dichtstehend.	6,28
	b. magerer Boden, dichtstehend.	5,48
	c. fetter Boden, weitstehend.	9,09
	d. magerer Boden, weitstehend.	8,78
	Usquert.	7,16
	Sappemeer.	7,45
12. Gewicht des Samens.	*a.* fetter Boden, dichtstehend.	4,77 mgr
	b. magerer Boden, dichtstehend.	3,56 „
	c. fetter Boden, weitstehend.	4,76 „
	d. magerer Boden, weitstehend.	4,60 „
	Usquert.	5,13 „
	Sappemeer.	4,94 „

Vergleicht man in diesen beiden Tabellen die Werte *a* mit den übereinstimmenden Werten *b* derselben vertikalen Spalte und *c* mit *d*, so wird daraus der Einfluss des Bodens bei geringem und bei grossem Standraum der Pflanzen hervorgehen. Werden dagegen die Werte *a* mit *c*, und *b* mit *d* verglichen, so wird man den Einfluss des Standraumes sowohl bei fettem wie bei magerem Boden kennen lernen.

Weil es von hervorragender Bedeutung ist den Grad des Einflusses beider Faktoren in den verschiedenen Fällen mit einander vergleichen zu können, habe ich diesen in ein einheitliches Mass ausgedrückt und die erhaltene Zahl Empfindlichkeitskoeffizient genannt, wie ich das in einer

früheren Abhandlung[1]) zum ersten Male eingeführt habe. Dieser Empfindlichkeitskoeffizient wird in folgender Weise bestimmt. Als Ausgangspunkt wird angenommen der Wert der Konstante in derjenigen der beiden Kulturen, welche den im allgemeinen günstigsten Wachstumsbedingungen ausgesetzt ist, also bei der Vergleichung von zwei Kulturen auf verschiedenem Boden, der Wert der Konstante bei den Pflanzen des fettesten Bodens und bei der Vergleichung von zwei Kulturen mit verschiedener Saatdichte der Wert der Konstante bei den mit dem grössten Standraum kultivierten Pflanzen. Dieser Wert nun wird um denjenigen für das Merkmal in der anderen Kultur vermindert und der erhaltene Unterschied durch den ersten Wert dividiert.

Es wird somit der Wert $\frac{a-b}{a}$ den Empfindlichkeitskoeffizient geben, welcher den Einfluss des Bodens auf dichtstehende Pflanzen angibt, in derselben Weise ist $\frac{c-d}{c}$ der Empfindlichkeitskoeffizient, der den Einfluss des Bodens auf weitstehenden Pflanzen kennen lehrt; $\frac{c-a}{c}$ ist der Empfindlichkeitskoeffizient, der den Einfluss des Standraumes auf die Pflanzen des fetten Bodens andeutet, und $\frac{d-b}{d}$ ist der Empfindlichkeitskoeffizient, der ein Mass ist für den Einfluss des Standraumes bei magerem Boden.

Hieraus geht hervor, dass ein positiver Empfindlichkeitskoeffizient andeutet, dass in Bezug auf beide Bodenarten der Wert einer Konstante der Pflanzen auf fettem Boden am grössten ist, ein negativer deutet an, dass dieser hier am geringsten ist. Und bei der Vergleichung der Pflanzen mit verschiedenem Standraum gibt ein positiver Empfindlichkeitskoeffizient an, dass bei grossem Standraum der Wert einer Konstante grösser ist als bei dichter Saat und ein negativer Empfindlichkeitskoeffizient des Standraumes zeigt, dass der Wert einer Konstante bei den weitstehenden Pflanzen geringer ist.

Der leichteren Übersicht wegen habe ich in der folgenden Tabelle 3 die Empfindlichkeitskoeffiziente der medianen Werte angegeben, und in der darauffolgenden Tabelle 4 die der arithmetischen Mittelwerte.

In den vier vertikalen Spalten sind die obengenannten vier Reihen der Empfindlichkeitskoeffiziente angegeben, nämlich für den Einfluss des Bodens auf dichtstehenden Pflanzen $\frac{a-b}{a}$, und auf weitstehende Pflanzen $\frac{c-d}{c}$, und

[1]) On the influence of nutrition on the fluctuating variability of some plants. Proc. Kon Akad. v. Wet. Amsterdam, Vol. VII, Part 2, 1905, S. 398 und Recueil des Trav. botan. Néerlandais, Vol. II, 1905, S. 17.

für den Einfluss des Standraumes bei fettem Boden $\frac{c-a}{c}$ und bei mageren Boden $\frac{d-b}{d}$.

Tabelle 3.

Empfindlichkeitskoeffiziente der Mediane

	für den Einfluss des Bodens auf dichtstehende Pflanzen.	für den Einfluss des Bodens auf weitstehende Pflanzen.	für den Einfluss des Standraumes bei fettem Boden.	für den Einfluss des Standraumes bei magerem Boden.
1. Totale Stengellänge	+ 0,19	+ 0,25	+ 0,38	+ 0,33
2. Stengellänge bis zur Verästelung	+ 0,09	+ 0,24	— 0,29	— 0,55
3. Stengeldicke in halber Höhe.	+ 0,18	+ 0,31	+ 0,77	+ 0,73
4. Stengeldicke an der Basis.	+ 0,17	+ 0,38		
5. Stengelgewicht	+ 0,37	+ 0,75	+ 0,996	+ 0,97
8. Anzahl der Früchte	+ 0,12	+ 0,698	+ 0,989	+ 0,97
9. Diameter der Frucht . . .	+ 0,049	+ 0,014	+ 0,012	+ 0,048
13. Länge des Samens.	+ 0,042	— 0,0037	— 0,03	+ 0,016
14. Breite des Samens.	+ 0,024	+ 0,0084	0	+ 0,015

Tabelle 4.

Empfindlichkeitskoeffiziente des arithmetischen Mittelwertes

	für den Einfluss des Bodens auf dichtstehende Pflanzen.	für den Einfluss des Bodens auf weitstehende Pflanzen.	für den Einfluss des Standraumes bei fettem Boden.	für den Einfluss des Standraumes bei magerem Boden.
6. Anzahl der Seitenzweige an der Basis		+ 0,939		
10. Gewicht der Frucht	+ 0,296	+ 0,138	+ 0,185	+ 0,335
11. Anzahl der Samen pro Frucht.	+ 0,127	+ 0,034	+ 0,32	+ 0,376
12. Gewicht des Samens. . . .	+ 0,254	+ 0,034	0,002	+ 0,226

§ 4. Die aus den Konstanten und Kurven hervorgehenden Ergebnisse für die einzelnen Merkmale.

Ich werde nun die untersuchten Merkmale nach einander besprechen und später die bei denselben erhaltenen Resultate mit einander vergleichen. Im allgemeinen werde ich für jedes Merkmal die dichtgesäte Kultur auf fettem Boden etwas ausführlicher behandeln, weil diese mit dem normalen Gewächs der Praxis am meisten übereinstimmt und die Werte ihrer Merkmale somit mit den Angaben in der Literatur verglichen werden können.

1. *Die totale Stengellänge.*

Darunter verstehe ich den Abstand von der Ansatzstelle der Kotyledonen bis zur Kapsel, oder falls der Stengel verästelt ist, bis zur höchstgestellten Frucht. Diese Länge wurde bis auf $^1/_2$ cm genau gemessen. In der Tabelle 1, S. 43 findet man für den medianen Wert in der dichtgesäten Kultur auf fettem Bodem 75,9 cm angegeben. Vergleichen wir jetzt diesen Wert mit früheren Angaben über die Stengellänge des Flachses, von denen ich nur einige mitteile.

Die mittlere Länge der verschiedenen von SCHINDLER[1]) gemessenen russischen Flachssorten variiert zwischen 76,5 und 101,5 cm. Nach HAVENSTEIN[2]) ist die Länge 103,5 cm und zwar bei derjenigen Kultur, welche am besten mit den hiesigen Kulturen zu vergleichen ist. HERZOG[3]) gibt 82 cm bei den von ihm benutzten Stengeln an; nach KUHNERT[4]) ist die Stengellänge 60—80 cm, kann aber bei zweckentsprechender Kultur 100 cm erreichen und nach LANGETHAL[5]) beträgt die Länge 63—104 cm. KÖRNICKE[6]) teilt mit, dass METZGER[7]) und ALEFELD[8]) beide 78 cm als Stengellänge nennen und er selbst gibt für verschiedene Jahre 70 und 93 cm an.

Wie man sieht gehen diese Angaben bedeutend auseinander. Dieses wird man einerseits dem verschiedenen Ursprung des Flachses zuschreiben müssen, aber anderseits wird es auch dadurch verursacht sein, dass die Pflanzen, welche in den verschiedenen Fällen zu den Messungen dienten, je nach dem Zwecke der Autoren, in sehr verschiedener Weise gewählt

[1]) F. SCHINDLER, l. c. S. 162.
[2]) G. HAVENSTEIN, l. c. S. 37.
[3]) A. HERZOG, Beiträge zur Kenntniss der Flachsfaser. Oesterr. Chem. Zeit. I, 1898, No. 10, S. 310.
[4]) R. KUHNERT, l. c. S. 8.
[5]) CHR. ED. LANGETHAL, l. c. S. 156.
[6]) F. KÖRNICKE, l. c.
[7]) METZGER, Landw. Pflanzenk., S. 987.
[8]) ALEFELD, Landw. Flora.

wurden. Dennoch fällt es in die Augen, dass die Längeangaben im allgemeinen höher sind als der von mir angegebene mediane Wert, obgleich der untersuchte Flachs ein langes Gewächs repräsentiert. Die Ursache davon ist aber, dass ich auch die allerkleinsten Stengel, welche für meine Untersuchung ebensogrossen Wert haben wie die anderen, berücksichtigt habe, was wohl bei keiner der obengenannten Messungen der Fall gewesen ist. SCHINDLER, dessen Messungen ich hier den grössten Wert beilegen möchte, sagt selber, dass er den fadendünnen Nachwuchs ausschied und HAVENSTEIN wählte für jede Untersuchung nur je 20 „normale" Pflanzen. Werden aber auch die kleinsten Stengel mitgerechnet, so wird dadurch der mediane Wert geringer sein als sonst der Fall ist und dieses erklärt, dass die bei meinem Flachs gefundene Stengellänge geringer ist als man es bei Flachs von ausgezeichneter Qualität nach früheren Angaben erwarten würde. Das Maximum, 101 cm, beweist aber, dass mehrere Stengel noch bedeutend länger sind als der mediane Wert angibt.

Aus der Tabelle 1 geht hervor, dass der mediane Wert bei den Pflanzen mit grossem Standraum auf fettem Boden am grössten ist, 121,7 cm, hierauf folgen die Pflanzen mit grossem Standraum auf dem Sandboden, 91,5 cm, darauf die dichtstehenden Pflanzen auf fruchtbarer Erde, 75.9 cm, indem die dichtstehenden Pflanzen des magerem Bodens den geringsten medianen Wert aufweisen, 61,4 cm. Die in der Tabelle 3, S. 49 angegebenen Empfindlichkeitskoeffiziente sind, wenn man den Einfluss des Bodens betrachtet, + 0,19 bei geringem und + 0,25 bei grossem Standraum, für den Einfluss des Standraumes ergibt sich + 0,38 für die Pflanzen auf fettem und + 0,33 für die auf magerem Boden. Alle vier Empfindlichkeitskoeffiziente sind positiv, dies bedeutet, dass erstens bessere Bodenart sowohl bei dicht- wie bei weitstehenden Pflanzen eine Verlängerung des Stengels herbeiführt und zweitens, dass ebenfalls grösserer Standraum sowohl bei fettem wie bei magerem Boden denselben Einfluss auf die Stengellänge ausübt. Grössere Fruchtbarkeit des Bodens wirkt in diesem Falle also in derselben Richtung wie grösserer Standraum. Weil aber die beiden Empfindlichkeitskoeffiziente für den Standraum bedeutend grösser sind als die für den Boden, zeigt es sich, dass der Einfluss des Standraumes auf die Stengellänge grösser ist als derjenige des Bodens. Dennoch kann grösserer Standraum nicht ganz die Stelle des besser gedüngten Bodens vertreten. In der Kultur waren die Pflanzen so weit von einander entfernt, dass noch grösserer Raum keine Verbesserung des Wachstums mehr gegeben hätte. Wird aber den weitstehenden Pflanzen zudem noch ein fetter Boden gegeben, so wird die Stengellänge noch ansehn-

lich grosser, wie die medianen Werte 91,5 cm und 121,7 cm lehren. Umgekehrt ist es ebenfalls unmöglich nur durch bessere Düngung die grösste Stengellänge zu erhalten. Einige Versuche ergaben mir, dass es nicht gelingt mittels noch kräftigerer Düngung als bei den untersuchten Kulturen, die Stengellänge bei derselben Saatdichte auch nur im geringsten zu vergrössern. Es kann dann nur noch der Standraum Einfluss auf dieses Merkmal ausüben. Weiter ergibt sich, dass der Einfluss des Bodens bei grossem Standraum grösser ist als bei geringem, die dichtstehenden Pflanzen können somit nur teilweise mit der besseren Nahrung ihren Vorteil tun; anderseits ist der Einfluss des grösseren Standraumes bei fettem Boden am grössten und hieraus folgt, dass die grossen Pflanzen mit ihrem kräftigen Wurzelsystem die bessere vom Boden dargebotene Nahrung besser benutzen können.

Von den vier Parallelkulturen zeigen diejenigen auf magerem Boden die grösste Variabilität d. h. 0,122 und 0,180; letzterer Wert, welcher den ersteren noch bedeutend übertrifft, gibt die Variabilität der weitstehenden Pflanzen an. Die Kulturen auf fettem Boden zeigen viel geringere Variabilität, d. h. 0,099 und 0,085.

Aus den Konstanten des Flachses von Usquert und Sappemeer geht hervor, dass ersterer fast völlig mit dem dichtgesäten Flachs des fetten Bodens im botanischen Garten übereinstimmt. Der Flachs von Sappemeer nähert sich mehr dem des Sandbodens, zeigt aber geringere Variabilität.

Fig. 1, Taf. VI stellt die Kurven der Stengellänge der vier Kulturen dar. Die Beobachtungen sind für alle vier in Gruppen mit je 10 cm Intervall vereinigt. Die gegenseitige Stellung dieser Kurven zeigt den Einfluss beider Faktoren, wie dieser oben beschrieben und zahlenmässig ausgedrückt ist, und zudem lehren die Kurven in welcher Weise die Stengellänge in den verschiedenen Kulturen variiert. In der dichtgesäten Kultur auf fettem Boden weist dieses Merkmal eine äusserst regelmässige Kurve auf, welche im oberen Teil der Figur mit ununterbrochener Linie gezeichnet ist; auf magerem Boden ist die Kurve, das ist die im oberen Teil mit punktierter Linie angegebene, nicht nennenswert asymmetrisch, mehr dagegen für die Kultur mit grossem Standraum auf magerem Boden. Diese im unteren Teil der Figur mit punktierter Linie angegebene Kurve und in noch stärkerem Grade diejenige für die weitstehende Kultur auf fettem Boden sind deutlich asymmetrisch, bei beiden ist der Gipfel mehr nach rechts gerückt. Es fangen die Individuen somit an, sich an der Maximumseite zusammenzudrängen und dies deutet darauf hin, dass dieses Merkmal unter diesen äusserst günstigen Bedingungen fast so kräftig ausgebildet ist wie es nur überhaupt möglich ist.

2. *Die Stengellänge vom Kotyledonenansatz bis zur ersten Verästelung.*

Unter Verästelung verstehe ich das Vorkommen von mehreren Ästchen am oberen Ende des Stengels im Gegensatz zur Verzweigung, welche an der Basis der Pflanzen der weitstehenden Kultur auftritt.

Nicht alle Pflanzen der dichtgesäten Kulturen sind am oberen Ende verästelt. In welchem Verhältnis die Anzahl der verästelten und die der unverästelten Exemplare zu einander stehen, werde ich später besprechen. Bei den verästelten ist der Abstand zwischen dem Kotyledonenansatz und der niedrigsten Verästelung auf $^1/_2$ cm genau gemessen. Die nicht verästelten Pflanzen sind natürlich nicht mitgerechnet.

Für die dichtgesäte Kultur auf fettem Boden beträgt der mediane Wert des unverästelten Stengelteils 74,5 cm. Dieser Wert ist nicht nennenswert geringer als der mediane Wert der totalen Länge, 75,9 cm. Die Ursache davon ist, dass gerade die kürzesten Stengel unverästelt sind. Diese sind also bei diesen Messungen ausgeschieden. Die Mediane der totalen Länge der verästelten Exemplare allein ist denn auch bedeutend grösser und beträgt 82,7 cm. Das Minimum 60 cm und das Maximum 92 cm der Länge bis zur Verästelung gehen viel weniger aus einander als bei der totalen Länge.

Vergleichen wir die medianen Werte der vier Kulturen, so fällt es sofort in die Augen, dass bei den weitstehenden Pflanzen der unverästelte Stengelteil viel kleiner ist. Obgleich diese Pflanzen viel grösser sind als die dichtstehenden, fängt die Verästelung schon bedeutend niedriger am Stengel an. Wir finden denn auch die in der Tabelle 3, S. 49 angegebenen Empfindlichkeitskoeffiziente, welche den Einfluss des Standraumes andeuten, negativ Das ist eine für die Paxis wichtige Tatsache, weil gerade die Länge des unverästelten Stengelteils den Wert des Flachses bestimmt. Aus diesem Grunde allein ist es deshalb schon geboten nicht zu undicht zu säen, wie auch die Erfahrung seit langer Zeit gelehrt hat. Dagegen sind die Empfindlichkeitskoeffiziente für den Boden positiv, aber geringer als die für den Standraum. Boden und Standraum wirken somit auf dieses Merkmal in entgegengesetzter Richtung, aber der Einfluss des Standraumes überwiegt bedeutend.

Wenn wir für jede Kultur das Verhältnis der Länge des unverästelten Teils zur totalen Länge bestimmen, so ergibt sich, dass bei beiden Kulturen mit grossem Standraum dieses Verhältnis etwa $^1/_2$ ist, bei diesen Pflanzen fängt die Verästelung im allgemeinen etwas unterhalb der Mitte des Stengels an. Für die dichtstehende Kultur auf fettem Boden beträgt der unverästelte Teil im Durchschnitt $^9/_{10}$ der totalen Länge und für die dichtstehenden Pflanzen auf magerem Boden ebenfals $^9/_{10}$.

Die Variabilität der dichtstehenden Pflanzen ist viel geringer als die der weitstehenden, der grössere Standraum vermehrt somit die Variabilität dieses Merkmals.

Wie die Konstanten des Flachses von Usquert lehren, stimmt dieser Lein ziemlich genau mit dem dichtgesäten Flachs des fetten Bodens im Garten überein. Beim Flachs von Sappemeer fängt die Verästelung dagegen bedeutend niedriger am Stengel an, selbst niedriger als beim Flachs des mageren Bodens. Beider Variabilität ist etwas grösser als die der dichtgesäten Kulturen des botanischen Gartens.

Die aus den erhaltenen Zahlen konstruierten Kurven sind in Fig. 2, Taf. VI dargestellt. Die Individuen sind in Gruppen mit je 10 cm Intervall vereinigt. Im Anschluss an das oben Gesagte findet man hier die beiden Kurven der weitstehenden Pflanzen, das sind die im unteren Teil der Figur angegebenen, nach der Minimumseite verschoben, sogar in sehr bedeutendem Grade. Dagegen stehen bei beiden Paaren die Kurven der Kulturen auf fettem Boden, das sind die mit ununterbrochener Linie gezeichneten, an der Maximumseite. Die Kurven der dichtstehenden Pflanzen sind fast symmetrisch, beide sehr steil, infolge der geringen Anzahl ihrer Intervalle. Ich konnte aber, des Raumes auf der Tafel wegen, die Intervalle beider Kurvenpaare nicht kleiner nehmen. Die beiden Kurven der weitstehenden Pflanzen sind etwas asymmetrisch.

3. *Die Stengeldicke in halber Höhe.*

Die Dicke der Stengel ist mittels eines Deckglastasters von Zeiss bestimmt. Man kann mit diesem Apparat Dicken bis auf 0,01 mm genau messen. Der Apparat erwies sich für derartige Messungen als äusserst zweckmässig, denn die Messungen gehen rasch vonstatten und mit geringer Mühe kann der Mittelwert zweier Messungen in senkrecht auf einanderstehenden Richtungen bestimmt werden. Die Dicke der Stengel ist in der Mitte zwischen der Ansatzstelle der Kotyledonen und der Kapsel, oder falls der Stengel verästelt war, der höchstgestellten Kapsel gemessen.

Der mediane Wert für die dichtgesäte Kultur auf fettem Boden beträgt 0,91 mm. Nach Schindler [1]) variiert die Stengeldicke bei den verschiedenen russischen Leinsorten zwischen 1,35 mm und 2,106 mm. Herzog [2]) fand als durchschnittliche Dicke von 50 Stengeln, jeder 80 cm lang, 1,336 mm. Nach Havenstein [3]) beträgt die Dicke 1,765 mm, als Durchschnitt von 10 Mes-

[1]) Fr. Schindler, l. c. S. 162.

[2]) A. Herzog, l. c.

[3]) G. Havenstein, l. c.

sungen an 5 Stengeln. In welcher Höhe die Dicke bestimmt ist, wird aber nicht mitgeteilt. Es zeigt sich, aus dem von mir gefundenen Maximumwert, 1,83 mm, dass der untersuchte Flachs wohl etwas dünner ist als der der genannten Autoren.

Für die Stengeldicke gilt aber ebenfalls das für die Länge Gesagte, denn auch hier sind die obenstehenden Angaben nicht unmittelbar mit dem Medianwert vergleichbar. Wären die kleinsten Stengel, welche im allgemeinen die dünnsten sind, ausgeschieden, wie in der Praxis und in obengenannten Untersuchungen der Fall ist, so würde die Mediane etwas grösser sein.

Die Tabelle 1, S. 44 zeigt einen sehr grossen Unterschied zwischen den beiden Medianen der dichtstehenden Kulturen, 0,91 und 0,74 mm, und die der weitstehenden Pflanzen 4,04 und 2,78 mm. Die Empfindlichkeitskoeffiziente für den Standraum sind demzufolge sehr gross und betragen + 0,77 und + 0,73, gehen bei fettem und magerem Boden also sehr wenig aus einander. Für den Einfluss des Bodens sind die Empfindlichkeitskoeffiziente + 0,18 und + 0,31. Alle vier Koeffiziente sind positiv, Standraum und Boden wirken somit in derselben Richtung, aber der Einfluss des Standraumes auf die Stengeldicke überwiegt in hohem Masse, obgleich auch der Boden einen bedeutenden Einfluss auf dieses Merkmal ausübt.

Die Variabilität ist am grössten bei der weitstehenden Kultur auf magerem Boden, die weitstehenden Pflanzen auf fettem Boden sind am wenigsten variabel, wie dies auch bei der Stengellänge der Fall ist.

Der Flachs von Usquert ist etwas dicker als der von Sappemeer und beide sind dicker als der Flachs der dichtgesäten Kultur auf fettem Boden im Garten. Die Variabilität, besonders die des Leins von Sappemeer, ist geringer.

Fig. 3, Taf. VI stellt die Kurven dar.

Für die dichtstehenden Kulturen beträgt das Intervall 0,1 mm, für die weitstehenden dagegen 0,5 mm, weil sonst diese Kurven zu lang ausgedehnt wären. Die gegenseitige Stellung beider Kurvenpaare deutet somit in diesem Falle den Einfluss des Standraumes nicht richtig an. Um diesen aus den Kurvenpaaren kennen zu lernen, muss man beider Intervalle mit einander vergleichen und sich die oberen Kurven verhältnismässig zusammengedrängt, oder die unteren ausgedehnt denken. Beide Paare zeigen aber sofort den Einfluss des Bodens. Die Kurve der dichtstehenden Pflanzen auf magerem Boden ist ein wenig asymmetrisch, der Gipfel etwas nach der Minimumseite gerückt; dasselbe, aber in geringerem Masse, zeigt die Kurve derselben Kultur auf fettem Boden; dagegen zeigen die Kurven der weit-

stehenden Kulturen eine geringe Asymmetrie in entgegengesetzter Richtung. Bei diesem Merkmale zeigen die Individuen also unter sehr ungünstigen Bedingungen eine Neigung sich an der Minumumseite zusammenzudrängen, unter sehr günstigen Umständen dagegen weisen sie eine Anhäufung an der Maximumseite auf.

4. *Die Stengeldicke an der Basis.*

Bei den lufttrocknen Pflanzen sind die Keimblätter abgefallen, aber bei den am unteren Ende nicht verzweigten Stengeln sind die Narben derselben noch sichtbar. Sie. springen mehr oder weniger vor und demzufolge würde die Messung des Durchmessers, an dieser Stelle ausgeführt, ungenau sein. Aus diesem Grunde ist die Dicke bei den Pflanzen der dichtstehenden Kulturen 1 oder 2 mm höher bestimmt worden. Die kräftigen Pflanzen der weitstehenden Kultur sind meistens an der Basis verzweigt. Bei den weitstehenden Pflanzen ist die Dicke deshalb unmittelbar unterhalb der Verzweigungen, oder falls dieselben nicht verzweigt waren, unmittelbar unterhalb des Keimblattansatzes, am Hypokotyl gemessen. An dieser Stelle ist der Stengel viel dicker als unmittelbar oberhalb der Seitenzweige. Wenn zwei Seitenzweige vorhanden sind, ist der Querschnitt des hypokotylen Gliedes elliptisch und darum ist stets der Mittelwert zweier Messungen genommen.

Bei allen am Boden verzweigten Pflanzen ist die Dicke mittels eines verschiebbaren Massstabes bestimmt, weil mit dem Deckglastaster nur Dicken bis zu 5 mm gemessen werden können.

Die Stengeldicke der dichtstehenden und die der weitstehenden Pflanzen ist also nicht an völlig übereinstimmenden Stellen bestimmt, die erhaltenen Konstanten sind somit nicht ganz vergleichbar und ich habe deshalb die Empfindlichkeitskoeffiziente für den Standraum nicht angegeben.

Der mediane Wert der dichtgesäten Kultur auf fettem Boden beträgt 1,04 mm, also nicht viel mehr als die Dicke in halber Höhe. Die Dicke nimmt nicht regelmässig von der Basis bis zur Spitze ab, sondern von der Basis ausgehend zeigt der Durchmesser des Stengels in der Regel erst eine geringe Abnahme bis etwa 1 cm oberhalb der Kotyledonen, dann folgt eine geringe Zunahme bis etwa 1 dm von der Basis entfernt und darauf die langsame Abnahme bis zur Spitze. Die kräftigen Pflanzen der weitstehenden Kulturen sind unmittelbar oberhalb der Kotyledonen am dicksten, den Stengel entlang nimmt der Durchmesser ab, zeigt aber an einigen Stellen wieder eine geringe Zunahme.

Für die dichtgesäte Kultur auf magerem Boden beträgt die Mediane 0,86. Der Empfindlichkeitskoeffizient für den Boden bei den dichtstehenden

Pflanzen ist + 0,17, ungefähr wie für die Stengeldicke in halber Höhe. Die Pflanzen auf magerem Boden sind etwas weniger variabel als die auf fettem.

Bei den weitstehenden Pflanzen ist die Mediane 6,05 mm auf fettem und 3,74 mm auf magerem Boden. Wie die Tabelle 1, S. 44 zeigt, beträgt das Maximum sogar 9,4 mm. Hieraus geht hervor, wie ausserordentlich kräftig die Stengel der Pflanzen ausgebildet werden, wenn denselben nur genügender Standraum geboten wird. Der Empfindlichkeitskoeffizient für den Boden bei diesen weitstehenden Pflanzen ist + 0,38, also bedeutend grösser als bei den dichtstehenden.

Die Stengeldicke an der Basis des Flachses von Usquert und von Sappemeer ist, ebenso wie die Dicke in halber Höhe, grosser als beim Flachs der dichtgesäten Kulturen im Garten, indem von den beiden erstgenannten der Flachs von Usquert der dickere ist.

Fig. 4, Taf. VI stellt die verschiedenen Kurven dar. Für die dichtstehenden Kulturen sind die Individuen in Gruppen mit 0,1 mm Intervall angeordnet, für die mit grossem Standraum mit 0,5 mm Intervall, weil sonst letztere Kurven zu weit ausgedehnt würden. Die Lage beider Kurvenpaare ist somit nicht vergleichbar, aber in diesem Falle ist sie das auch schon darum nicht, weil, wie gesagt, die Dicke bei den dicht- und weitstehenden Kulturen nicht an völlig übereinstimmenden Punkten bestimmt worden ist. Die Kurve der dichtgesäten Kultur auf fettem Boden ist ungefähr symmetrisch, der Gipfel nur ein wenig nach der Minimumseite gerückt, in etwas stärkerem Grade zeigt dies die Kurve der Pflanzen auf magerem Boden.

Was die Pflanzen mit grossem Standraum betrifft, so ist die Kurve derjenigen auf magerem Boden ein wenig asymmetrisch, der Gipfel mehr an der Maximumseite liegend, die Kurve der Pflanzen auf fettem Boden ist, abgesehen von ihrer Unregelmässigkeit, nahezu symmetrisch.

5. *Das Stengelgewicht.*

Die Pflanzen sind gewogen nachdem Wurzel und Hypokotyl beim Kotyledonenansatz abgeschnitten und die Früchte entfernt waren. Die Seitenzweige an der Basis, wie die Ästchen am oberen Ende sind aber mit gewogen. Die Wägungen sind bis auf 5 mgr genau.

Weil das Stengelgewicht von der Länge und der Dicke beiden abhängig ist und, wie wir oben sahen, diese beiden Merkmale in derselben Richtung vom Boden und vom Standraum beeinflusst werden, liegt es auf der Hand, dass der Einfluss dieser beiden Faktoren auf das Gewicht in noch stärkerem Grade bemerkbar sein wird. Zudem tragen die längeren und dickeren Pflanzen Seitenzweige, welche das Gewicht bedeutend vermehren. Wäre das spezifische

Gewicht aller Stengel dasselbe, so würden bloss aus diesem Grunde schon die längsten Stengel das höchste Gewicht besitzen. Es lässt sich aber vermuten, dass die zum Bau des Stengels verwendete Substanz bei den grossen Pflanzen ein grösseres spezifisches Gewicht hat und der Gewichtsunterschied der Pflanzen der verschiedenen Kulturen wird demzufolge noch grösser sein, als aus rein räumlichen Verhältnissen hervorgehen würde. Die Tabelle 1, S. 44 lehrt denn auch welch ein ausserordentlich grosser Unterschied im Stengelgewicht bei den dicht- und den weitstehenden Kulturen besteht. Der Minimumwert, 20 mgr, und das Maximum, 14500 mgr, zeigen wie viel Boden und Standraum in dieser Hinsicht leisten können.

Die Empfindlichkeitskoeffiziente für den Standraum sind sehr gross d. h. + 0,996 und + 0,97 und nähern sich somit fast dem grösstmöglichen Wert, + 1. Aber auch der Einfluss des Bodens ist bedeutend, bei dichter Saat beträgt der Empfindlichkeitskoeffizient + 0,37, bei grossem Standraum + 0,75. Die Variabilität, in Tabelle 1, S. 44 angegeben, ist in allen Kulturen sehr gross, am grössten bei den weitstehenden Pflanzen auf magerem Boden, am geringsten, wenn auch noch sehr bedeutend, bei denselben auf fettem Boden.

Fig. 5, Taf. VI stellt die Kurven dar. Für die dichtstehenden Kulturen sind die Individuen in Gruppen mit 25 mgr, für die weitstehenden mit 1 gr Intervall angeordnet. Die gegenseitige Stellung beider Kurvenpaare ist also in diesem Falle nicht vergleichbar. Die Kurve der dichtstehenden Pflanzen auf fettem Boden ist deutlich asymmetrisch, indem der Gipfel der Minimumseite näher liegt und der eine Schenkel sich sehr weit nach der Maximumseite erstreckt. Auch die Kurve der Kultur auf magerem Boden zeigt ausgeprägte Asymmetrie. Die Kultur der weitstehenden Pflanzen auf magerem Boden weist in der Figur eine halbe Kurve auf. Indertat ist aber diese Kurve asymmetrisch und dieses würde auch sichtbar sein, wenn die Individuen nicht in Gruppen mit einem so grossen Intervall wie 1 gr vereinigt wären. Werden die Individuen, welche ein Gewicht von weniger als 2 gr haben, in Gruppen mit je 200 mgr Intervall angeordnet, so wird dieser Teil der Kurve sich so ändern wie Fig. 5* angibt. Denkt man sich hier noch den übrigen Teil der Kurve zehnfach ausgedehnt der rechten Seite hinzugefügt, so stellt sich heraus, dass die ganze Kurve nicht eine halbe, sondern eine asymmetrische ist. Ich betone diese Tatsache nachdrücklich weil, wenn die Intervalle nur grösser gewählt werden, aus jeder asymmetrischen Kurve eine halbe erhalten werden kann, welche man von den wirklichen halben Kurven sorgfältig zu unterscheiden hat.

6. *Die Anzahl der an der Basis entspringenden Seitenzweige.*

Weder bei den dichtgesäten Kulturen im Garten sowohl auf fettem wie auf magerem Boden, noch beim Flachs von Usquert und von Sappemeer finden sich an der Basis verzweigte Pflanzen vor. Dagegen besitzen die mit grossem Standraum kultivierten Pflanzen oft einen oder mehrere Seitenzweige. In vielen Fällen sind diese fast ebenso kräftig ausgebildet wie der Hauptstengel und stets sind dieselben am oberen Ende reichlich verästelt. Die Anzahl der Seitenzweige variiert bei der Kultur auf fettem Boden zwischen 0 und 6 und verhält sich bei den 107 Pflanzen folgendermassen:

0	Seitenzweige	bei	11	Pflanzen
1	„	„	19	„
2	„	„	35	„
3	„	„	21	„
4	„	„	14	„
5	„	„	6	„
6	„	„	1	„

Der hieraus berechnete arithmetische Mittelwert beträgt 2,28.

Für die Kultur auf magerem Boden ergibt sich:

0	Seitenzweige	bei	96	Pflanzen
1	„	„	8	„
2	„	„	2	„
3	„	„	1	„

Das arithmethische Mittel beträgt hier 0,14, also bedeutend weniger. Der Empfindlichkeitskoeffizient, der aus beiden Werten hervorgeht, ist + 0,939. Dieses Merkmal zeigt sich somit für den Einfluss des Bodens bei grossem Standraum äusserst empfindlich. Dennoch übt der Standraum selbst einen noch grösseren Einfluss aus, denn auf magerem Boden nimmt das arithmetische Mittel durch grösseren Standraum von 0 bis 0,14, auf fettem Boden von 0 bis 2,28 zu.

Fig. 6, Taf. VI stellt die für die beiden weitstehenden Kulturen erhaltenen Kurven dar. Die Kurve der Pflanzen auf fettem Boden ist asymmetrisch, der Gipfel mehr nach der Minimumseite liegend, auf magerem Boden hat diese asymmetrische Kurve sich in eine halbe Kurve verwandelt. Diese sehr steile Kurve zeigt, dass die Individuen sehr stark an der Minimumseite zusammengedrängt sind. Die dichtstehenden Pflanzen zeigen alle ohne Ausnahme 0 Seitenzweige. Wenn man dieses graphisch darstellen wollte, so müsste man an der Minimumseite eine gerade Linie zeichnen.

7. *Die Prozentzahl der am oberen Ende verästelten Pflanzen.* Wie ich früher mitteilte zeigen nicht alle Pflanzen der dichtgesäten Kulturen eine Verästelung am oberen Ende. Die weitstehenden Pflanzen des fetten Bodens sind dagegen alle oben verästelt, bei denjenigen des mageren Bodens ist nur eine einzige unverästelt. Die folgenden Prozentzahlen geben an wieviel Pflanzen auf je 100 der verschiedenen Kulturen verästelt sind:

dichtstehende Kultur auf	fettem	Boden	$25^1/_3$ %	
„ „ „	magerem	„	5	„
weitstehende „ „	fettem	„	100	„
„ „ „	magerem	„	99,07	„
Flachs von Usquert			46	„
„ „ Sappemeer			74	„

Es geht hieraus hervor, dass die dichtstehenden Pflanzen auf magerem Boden nur sehr wenig verästelte Exemplare aufweisen, und dass besonders der Standraum einen sehr grossen Einfluss auf das Auftreten von Verästelungen ausübt. Die Pflanzen von Sappemeer unterscheiden sich durch eine sehr grosse Anzahl verästelter Individuen und auch der Flachs von Usquert ist in bedeutend grösserer Anzahl verästelt als der des botanischen Gartens.

8. *Die Anzahl der Früchte.* Die unverästelten Pflanzen tragen nur eine einzige Frucht, bei den verästelten führt jedes Ästchen eine Kapsel. Die Anzahl der Früchte gibt deshalb zugleich die totale Anzahl der Ästchen an. Bei der dichtstehenden Kultur auf fettem Boden schwankt die Anzahl der Früchte zwischen 1 und 8. Es trägt:

1	Frucht	$74^2/_3$ %	der Pflanzen
2	„	$7^1/_3$ „	„ „
3	„	$9^2/_3$ „	„ „
4	„	$5^1/_3$ „	„ „
5	„	$1^1/_3$ „	„ „
6	„	$^1/_3$ „	„ „
7	„	$^2/_3$ „	„ „
8	„	$^2/_3$ „	„ „

Der mediane Wert beträgt 1,17. Bei den von SCHINDLER[1]) untersuchten Leinsorten variierte die Zahl der Äste, als Durchschnittswert von je 10 Indi-

[1]) FR. SCHINDLER, l. c. S. 162.

viduen mittlerer Länge, zwischen 3,5 und 6,2 bei den verschiedenen Sorten. HAVENSTEIN[1]) fand als durchschnittliche Zahl der Früchte 3,2. Auch wenn die kleinsten, das sind die meistens unverästelten Pflanzen, von mir ausgeschieden wären, so würde dennoch die Anzahl der Früchte in der untersuchten Kultur bei der von SCHINDLER und HAVENSTEIN gefundenen zurückbleiben.

Die dichtgesäte Kultur auf magerem Boden gibt das folgende Verhältnis:

1 Frucht	95	°/₀	der Pflanzen
2 „	3	„	„ „
3 „	$1^2/_3$	„	„ „
4 „	$^1/_3$	„	„ „

Die Mediane ist 1,03. Der aus beiden Medianen berechnete Empfindlichkeitskoeffizient beträgt + 0,12. Es übt somit der Boden bei den dichtstehenden Pflanzen einen ziemlich bedeutenden Einfluss auf die Anzahl der Früchte aus.

Beim Flachs von Usquert schwankt die Anzahl der Früchte zwischen 1 und 11, indem die Mediane 1,43 beträgt. Die Früchtezahl des Flachses von Sappemeer variiert zwischen 1 und 8 und gibt als Medianwert 2,33, also mehr als erstgenannter Flachs. Beide sind in stärkerem Grade verästelt als die dichtstehenden Kulturen im Garten.

Die Pflanzen mit grossem Standraum, besonders die auf fettem Boden, tragen eine sehr grosse Anzahl von Kapseln. Das Minimum beträgt 24, während das Maximum sogar 270 erreicht, eine Zahl, welche die ausserordentliche Ausbildung dieser Flachspflanzen andeutet. Für die Pflanzen auf fettem Boden beträgt der mediane Wert 114,5, für die auf magerem Boden 34,5 und hieraus ergibt sich der Empfindlichkeitskoeffizient + 0,698. Dieser zeigt, dass der Einfluss des Bodens bei grossem Standraum denjenigen bei dichter Saat noch bedeutend übertrifft, denn im letzteren Falle ist der Empfindlichkeitskoeffizient, wie gesagt, + 0,12. Vergleicht man den Einfluss des Bodens mit dem des Standraumes so zeigt sich, dass der Einfluss des Standraumes den des Bodens noch übertrifft. Der aus den medianen Werten berechnete Empfindlichkeitskoeffizient für den Standraum bei fettem Boden beträgt + 0,989, bei magerem Boden + 0,97, also sich dem Maximum nähernde Werte.

Die Variabilität ist, wie die Tabelle 1, S. 45 lehrt, auch bei diesem Merkmal bei der Kultur auf magerem Boden bedeutend grösser als bei der auf fettem, und bei ersterer sehr ansehnlich.

---

[1]) G. HAVENSTEIN, l. c. S. 37.

Bei den an der Basis verzweigten Pflanzen ist die Anzahl der Früchte von zwei Faktoren abhängig, erstens von der Anzahl der Seitenzweige und zweitens von der Anzahl der Kapseln am Hauptstengel und an jedem einzelnen Seitenzweige. Von den 96 an der Basis verzweigten Pflanzen des fetten Bodens habe ich die Früchte des Hauptstengels gezählt und die der gesamten Seitenzweige. Für den Hauptstengel ist:

$$M = 70{,}67 \quad Q = 17{,}9 \quad \frac{Q}{M} = 0{,}25$$

für die gesamten Seitenzweige:

$$M = 48{,}17 \quad Q = 24{,}25 \quad \frac{Q}{M} = 0{,}5.$$

Der Hauptstengel trägt somit im allgemeinen viel mehr Früchte als die gesamten Seitenzweige. Dennoch gibt es wohl einige Pflanzen, bei welchen die Zahl der Früchte der Seitenzweige die des Hauptstengels übertrifft. Dagegen ist die Variabilität der Früchtezahl an den Seitenzweigen viel grösser als am Hauptstengel und ist bei ersteren ausserordentlich gross. Dieses ist leicht erklärlich, weil zugleich die Zahl der Seitenzweige und die Anzahl der an jedem vorhandenen Kapseln variieren.

Fig. 8, Taf. VI zeigt die vier Kurven. Für die dichtstehenden Kulturen beträgt das Intervall eine Frucht, für die weitstehenden 15.

Die Kurven für die dichtstehenden Kulturen sind halbe Kurven, beide mit einem stark hervorragenden Gipfel an der Minimumseite. Hier schliesst sich die Kurve der weitstehenden Pflanzen auf magerem Boden an, dieselbe ist asymmetrisch, der Gipfel dem Minimum näher liegend und die Individuen somit noch einigermassen an dieser Seite angehäuft. Die Kurve für die Pflanzen auf fettem Bodem dagegen ist fast symmetrisch.

9. *Der Diameter der Frucht.* Diese Dimension ist mittels eines für derartige Messungen absichtlich angefertigten Fernrohres bestimmt worden. Mit Hilfe dieses Apparates ist es möglich, Gegenstände, welche zu gross für Messungen unter dem Mikroskope sind, genau zu messen. Die Konstruktion ist derart, dass die Objecte in geringe Entfernung der Frontlinse gestellt werden können. Demzufolge kann der Beobachter, ohne seinen Platz vor dem Fernrohr zu verlassen, die Untersuchungsobjekte eins nach dem andern auf ein Stativ legen. Das hierzu verwendete Stativ kann leicht um 90° gedreht werden und in dieser Weise ist es möglich mit sehr geringer Mühe die Gegenstände in zwei senkrecht zueinander stehenden Richtungen zu messen.

Der Diameter ist bestimmt worden an derjenigen Stelle, wo diese Dimension

am grossten ist, das heisst unweit der Basis der Frucht. Für jede Frucht ist der Mittelwert der beiden Messungen in senkrecht zueinander stehenden Richtungen bestimmt. Die Messungen sind bis auf $^{1}/_{18}$ mm genau. Zur Untersuchung sind aus den von den Pflanzen abgelosten Früchten für jede Kultur 200 oder 300 ohne jegliche Wahl genommen.

Der mediane Wert für die dichtstehende Kultur auf fettem Boden beträgt 6,87 mm, Minimum und Maximum sind 4,33 und 7,83 mm.

In der Literatur finden sich nicht viele Angaben über den Diameter der Frucht. Heer[1]) gibt als Breite $6^{1}/_{2}$ mm an; nach Körnicke[2]) ist die Dicke 7—8 mm, also bedeutend mehr. Die von mir gefundenen Werte stehen also zwischen diesen beiden.

Vergleicht man in der Tabelle 1, S. 45 den medianen Wert der vier Kulturen miteinander, so fällt sofort der äusserst geringe Unterschied derselben in die Augen. Es sind denn auch die Empfindlichkeitskoeffiziente, obgleich alle positiv, sehr klein, Tabelle 3, S. 49. Am grossten sind dieselben für den Boden bei dichter Saat, + 0,049 und für den Standraum bei magerem Boden, + 0,048, beide Werte sind einander ungefähr gleich. Bedeutend kleiner noch sind die beiden anderen Empfindlichkeitskoeffiziente, + 0,014 und + 0,012. Es ergibt sich aus diesen vier Koeffizienten, dass der Boden und der Standraum auf dieses Merkmal ungefähr gleich grossen Einfluss ausüben. Ausgehend von der dichtstehenden Kultur auf magerem Boden kann einerseits fettere Erde und anderseits grösserer Standraum den medianen Wert steigern, aber dann kann weiter im ersten Falle grösserer Standraum, im zweiten besser gedüngte Erde die Mediane nur wenig mehr vergrössern.

Betrachten wir die in der Tabelle 1, S. 45 angegebenen Minima und Maxima, so zeigt sich, dass indem die Maxima der vier Kulturen relativ nur sehr wenig auseinander gehen, der Unterschied zwischen den Minima viel grösser ist. Die Variabilität der weitstehenden Kulturen ist ausserordentlich gering, viel mehr variabel sind die dichtstehenden Pflanzen besonders auf magerem Bodem.

Bei den Früchten des Flachses von Usquert und von Sappemeer waren einige ein wenig aufgesprungen wie dies bei sehr reifen Früchten bisweilen der Fall ist. Deshalb sind diese Messungen nicht mit denjenigen der Gartenkulturen vergleichbar und werde ich die Zahlen nicht mitteilen.

Die Früchte des Hauptstengels und diejenigen der gesamten Seitenzweige der weitstehenden Gartenpflanzen auf fettem Boden sind jede für

[1]) O. Heer, l. c. S. 14.

[2]) Fr. Körnicke, l. c.

sich gemessen. Der mediane Wert ersterer ist 6,996 mm, der der Früchte der Seitenzweige 6,884 mm. Es sind somit die Früchte des Hauptstengels ein wenig grösser als die der Seitenzweige. Der mediane Wert für alle Früchte der ganzen Pflanzen, 6,95 mm, ist nicht die halbe Summe beider obenstehender Werte. Die Ursache ist, dass die Anzahl der Früchte am Hauptstengel viel grösser ist als an den gesamten Seitenzweigen, es werden somit bei der Bestimmung des Diameters aller Kapseln der Pflanze, die Früchte des Hauptstengels durch ihre grossere Anzahl relativ mehr beitragen.

Fig. 9, Taf. VI stellt die Kurven dar. Bei allen beträgt das Intervall 0,25 mm. Die Kurven sind alle mehr oder weniger asymmetrisch, der Gipfel an der Maximumseite liegend. Besonders die Kurven für die dichtstehenden Kulturen zeigen einen sehr langen Schenkel an der Minimumseite, am stärksten ist dies bei den Pflanzen des mageren Bodens der Fall. Bei den weitstehenden Pflanzen des mageren Bodens ist der Schenkel etwas kürzer, indem die des fetten Bodens eine fast symmetrische Kurve zeigen. Bei diesem Merkmale äussert der Einfluss des Bodens und des Standraumes sich somit in ganz anderer Weise wie bei den vorigen. Im Gegensatz zu diesen letzteren wird die Mediane hier nur wenig verschoben, dagegen werden hier unter ungünstigen Wachstumsbedingungen einige ausserordentlich kleine Früchte gebildet, deren Zahl bei sich bessernden Nahrungsverhältnissen stetig geringer wird. Auf fettem Boden und bei grossem Standraum werden alle Früchte vollständiger ausgebildet.

10. *Das Gewicht der Frucht.* Von je 100 Früchten ohne Wahl ist das Gesamtgewicht für die verschiedenen Kulturen bestimmt worden. Aus der Tabelle 2, S. 46 geht hervor, dass der arithmetische Mittelwert, 33,25 mgr, für die dichtstehende Kultur auf magerem Boden bedeutend hinter denjenigen der anderen Kulturen zurückbleibt, während das Gewicht der Früchte der weitstehenden Pflanzen auf fettem Boden bei weitem das grössere ist, 58,02 mgr. Dagegen gehen die Gewichte für die beiden anderen Kulturen nicht viel auseinander, sie sind 47,25 mgr und 49,98 mgr. Die Empfindlichkeitskoeffiziente für den Standraum, + 0,185 und + 0,335, übertreffen die für den Boden, + 0,296 und + 0,138, nicht um sehr viel, Tabelle 4, S. 49. Es zeigt sich somit, dass der Einfluss des Standraumes den des Bodens wohl um etwas übertrifft, aber nur in geringem Masse.

Die grösste Zunahme zeigt das Gewicht ausgehend von der dichtgesäten Kultur auf magerem Boden sowohl bei Vergrösserung des Standraumes wie bei besserer Düngung; dann kann fetterer Boden im ersteren Falle und grösserer Standraum im zweiten das mittlere Gewicht nur noch um einen geringen Teil des Betrages vermehren. In dieser Hinsicht zeigt somit das

Gewicht dieselben Verhältnisse wie der Diameter. Dagegen sind alle Empfindlichkeitskoeffiziente für das Gewicht viel grösser als für den Diameter, wie die Vergleichung der Tabellen 3 und 4, S. 49 lehrt. Das Gewicht wird also viel stärker vom Boden und vom Standraum beeinflusst als der Diameter.

Beim Flachs von Usquert und von Sappemeer betragen die arithmetischen Mittelwerte 49,25 und 51,50 mgr; Werte, welche sich am meisten demjenigen der weitstehenden Kultur auf magerem Boden anschliessen. Das Gewicht der Früchte des Flachses von Sappemeer übertrifft noch um ein wenig das der Früchte des Leins von Usquert.

Die Früchte des Hauptstengels der weitstehenden Pflanzen auf fettem Boden zeigen den arithmetischen Mittelwert 59,95 mgr, für die Früchte der gesamten Seitenzweige ergibt sich 55,25 mgr, also etwas weniger.

Hiermit in Übereinstimmung ist die Angabe FRUWIRTHS[1]), dass beim gewöhnlichen, nur am oberen Ende verästelten Flachsstengel die Endkapsel oft die schwerste ist.

11. *Die Anzahl der Samen pro Frucht.* In der normalen, völlig ausgebildeten Frucht befinden sich 10 Samen. Diese Zahl kann aber bei geringer Entwicklung viel weniger betragen, es gibt sogar Kapseln, welche nur einen einzigen Samen enthalten. Die Früchte mit geringerer Anzahl von Samen sind oft schief ausgebildet.

Aus den 100 gewogenen Früchten jeder Kultur sind die Samen gesammelt und gezählt. Wie die Tabelle 2, S. 47 lehrt, erhält man als Mittelwerte der Samenzahl pro Frucht für die verschiedenen Kulturen 6,28; 5,48; 9,09 und 8,78; Zahlen, welche nicht unbedeutend auseinander gehen. Die hieraus berechneten Empfindlichkeitskoeffiziente für den Boden, + 0,127 und + 0,034 und für den Standraum, + 0,32 und + 0,376, sind alle positiv; beide Faktoren wirken somit in derselben Richtung, beide vergrössernd. Weiter zeigt sich, dass der Einfluss des Standraumes grösser ist als der des Bodens, dennoch ist der Einfluss dieses letzteren auf die Anzahl der Samen dichtstehender Pflanzen nicht gering zu nennen, nur bei Pflanzen mit grossem Standraum übt der Boden auf die Anzahl der Samen sehr wenig Einfluss aus.

Beim Flachs von Usquert ist der arithmetische Mittelwert 7,16, bei demjenigen Sappemeers 7,45, also etwas grösser. Beide enthalten somit mehr Samen in den Kapseln als die Pflanzen der dichtgesäten Kulturen, aber weniger als die weitstehenden Pflanzen.

Die Samenzahl pro Frucht am Hauptstengel der Pflanzen mit grossem

---

[1]) C. FRUWIRTH, l. c. S. 46.

Standraum auf fettem Boden beträgt 9,15, an den Seitenzweigen 9,00; beide Werte gehen also nicht viel auseinander.

Um zu untersuchen, ob die Anzahl der Samen in den kleineren Früchten und in den grösseren derselben Kultur variiert, sind 100 Früchte ohne Wahl des Flachses von Usquert in zwei Partien, die 50 kleinsten und die 50 grössten, getrennt und von diesen zwei Partien die Samen gezählt. Für die kleinsten Früchte ist der arithmetische Mittelwert 5,36, für die grössten 8,96, also ein bedeutender Unterschied.

12. *Das Gewicht des Samens.* Von den aus den Kapseln erhaltenen Samen jeder Kultur sind 100 gewogen. Der arithmetische Mittelwert des Samengewichtes der dichtstehenden Pflanzen auf fettem Boden beträgt 4,77 mgr. Zur Vergleichung werde ich einige Gewichtsangaben aus der Literatur mitteilen. Nach KUHNERT[1]) wiegt der Samen 3,5—4,5 mgr; MEYER[2]) gibt 5 mgr an; MARMÉ[3]) 3—5 mgr; TSCHIRCH und OESTERLE[4]) 4—5,4 mgr und FLÜCKIGER[5]) nahezu 5 mgr.

Wie die Tabelle 2, S. 47 zeigt, ist der arithmetische Mittelwert des Samengewichtes der beiden Kulturen auf fettem Boden 4,77 und 4,76 mgr, also fast genau derselbe, etwas geringer ist das Gewicht des Samens der weitstehenden Pflanzen auf magerem Boden, 4,60 mgr, aber bedeutend geringer das Samengewicht der dichtgesäten Kultur auf magerem Boden, 3,56 mgr. Die Empfindlichkeitskoeffiziente für den Boden bei dichter Saat, + 0,254 und für den Standraum bei magerem Boden, + 0,226, sind viel grösser als die beiden anderen, + 0,034 und — 0,002; letzterer, das heisst derjenige für den Standraum bei fettem Boden, ist sogar negativ, aber fast null. Im allgemeinen übertrifft der Einfluss des Bodens den des Standraumes um ein wenig.

Das Samengewicht des Flachses von Usquert beträgt 5,13 mgr, von Sappemeer 4,94 mgr. Obgleich die Früchte des Flachses von Usquert weniger schwer sind und eine geringere Anzahl von Samen enthalten als die von Sappemeer ist ihr Samengewicht doch grösser.

Das Durchschnittsgewicht des Samens aus den Früchten des Hauptstengels ist 4,83 mgr, aus denjenigen der Seitenzweige 4,65 mgr; erstere Samen sind also ein wenig schwerer.

---

[1]) R. KUHNERT, l. c. S. 9.

[2]) A. MEYER, Wissenschaftliche Drogenkunde. 1891, I, S. 144.

[3]) W. MARMÉ, Lehrbuch der Pharmacognosie. 1886, S. 394.

[4]) A. TSCHIRCH und O. OESTERLE, Anatomischer Atlas der Pharmakognosie und Nahrungsmittelkunde. 1900, S. 257.

[5]) F. A. FLÜCKIGER, Pharmakognosie des Pflanzenreiches. 1891, S. 975.

Das Gewicht des Samens aus den 50 kleinsten Früchten der 100 untersuchten Kapseln des Flachses von Usquert beträgt im Durchschnitt 4,69 mgr, aus den 50 grössten Früchten 5,45 mgr, also bedeutend mehr. Es ist somit nicht nur die Anzahl der Samen in den kleineren Früchten geringer, sondern auch ihr Gewicht.

Behufs der Vergleichung des hier von den Kulturen gewonnenen Samens mit der ursprünglichen russischen Originalsaat ist auch eine Probe von 100 Samen der letzteren gewogen. Das arithmetische Mittelgewicht ist 4,26 mgr, also bedeutend geringer als das Samengewicht der dichtstehenden Pflanzen auf fettem Boden und das des Flachses von Usquert und von Sappemeer. Es hat somit bei normaler Kultur in hiesiger Gegend im Jahre 1904 das Samengewicht um etwa 12 % zugenommen. Nur bei den dichtstehenden Pflanzen auf magerem Boden bleibt das Gewicht des Samens hinter dem der Originalsaat zurück. Die Originalsaat wird in Russland und nachher von den Landwirten hier gereinigt, wodurch mit den Unkrautsamen auch die sehr kleinen, leichten Leinsamen ausgeschieden werden. Es findet somit eine, sei es auch geringe, Selektion der grösseren Samen statt. Nach dem gewöhnlichen Gesetze der Regression müsste also der mediane Wert der gewonnenen Samen etwas geringer sein als der der gesäten. Im Gegenteil zeigt sich, dass das mittlere Gewicht bei normaler Kultur zugenommen hat.

13. *Die Länge des Samens.* Die Länge des Samens ist unter dem Mikroskope, bei sehr geringer Vergrösserung, bis auf 0,01 mm genau gemessen. Der mediane Wert für die dichtgesäte Kultur auf fettem Boden beträgt 4,28 mm. Weil die Samengrösse ein für die Praxis wichtiges Merkmal ist, findet man in der Literatur mehrere Angaben.

Nach Körnicke[1]) beträgt die Samenlänge 4,0—4,5 mm; nach Heer[2]) 5 mm und nach Kuhnert[3]) 3—6 mm. Meyer[4]) und Marmé[5]) geben beide 4—6 mm an; Tschirch und Oesterle[6]) 4—6,5 mm und Flückiger[7]) 5 mm. Meine Beobachtungen stimmen am meisten mit denen Körnickes überein; jedenfalls sind die untersuchten Samen kürzer als die der anderen Autoren, denn der gefundene Maximumwert, 4,85 mm, bleibt bedeutend hinter den angegebenen Maxima zurück.

---

[1]) Fr. Körnicke, l. c.
[2]) O. Heer, l. c. S. 14.
[3]) R. Kuhnert, l. c. S. 9.
[4]) A. Meyer, l. c. S. 144.
[5]) W. Marmé, l. c. S. 394.
[6]) A. Tschirch und O. Oesterle, l c. S. 257.
[7]) F. A. Flückiger, l. c. S. 975.

Bei allen drei anderen Kulturen ist die Mediane etwas geringer als obengenannter medianer Wert. Die medianen Werte der beiden weitstehenden Kulturen, 4,15 und 4,17 mm, gehen nur sehr wenig auseinander. Die Empfindlichkeitskoeffiziente sind alle sehr klein, Tabelle 3, S. 49, und beweisen, dass sowohl der Einfluss des Bodens wie der des Standraumes sehr gering ist. Zwei Empfindlichkeitskoeffiziente sind negativ, der eine für den Einfluss des Bodens auf weitstehende Pflanzen, dieser ist aber sehr gering, fast null; der andere für den Standraum bei fettem Boden und dieser ist indertat, mit den zwei positiven Koeffizienten für dieses Merkmal verglichen, nicht unbedeutend. Beim hier vorliegenden Fall liegt die Sache nicht so einfach wie bei den vorigen Merkmalen, von der Länge des Stengels bis zur Verästelung abgesehen. Von der dichtgesäten Kultur auf magerem Boden ausgehend zeigt sich, dass sowohl bessere Düngung wie grösserer Standraum die Mediane der Samenlänge vergrössern, der bessere Boden aber in viel stärkerem Grade. Wirken auf die Pflanzen nun beide günstige Faktoren zugleich ein, so haben wir bei den behandelten Merkmalen zwei Fälle kennen gelernt. Entweder es wird die Mediane unter dem Einfluss beider Faktoren noch grösser, oder die Bedingungen sind, wenn einer der beiden Faktoren, entweder bessere Düngung oder grösserer Standraum vorhanden ist, schon so günstig, dass der andere Faktor dann keinen nennenswerten Einfluss mehr hat. Hier liegt die Sache aber ganz anders. Wird den gut gedüngten Pflanzen zudem noch grösserer Standraum dargeboten, so nimmt die Mediane wieder bedeutend ab. Es müssen sich hier somit ganz eigentümliche Momente geltend machen. Das Gewicht der Samen der dicht- und der weitstehenden Pflanzen auf fettem Boden ist das nämliche und, wie wir unten sehen werden, ebenfalls die Breite. Die Samen der mit grossem Standraum kultivierten Pflanzen müssen, weil dieselben kürzer sind, also entweder dicker sein oder aus einer Substanz mit höherem spezifischem Gewicht bestehen. Auf ersteres deutet aber der grössere Diameter der Frucht bei den weitstehenden Pflanzen hin. Es ergibt sich also, dass der Standraum auf die Form der Samen einen bedeutenden Einfluss ausübt. Die für die Samenlänge günstigsten Bedingungen sind also dichte Saat und fetter Boden, ein Verhältnis, welches wir auch bei der Stengellänge bis zur Verästelung fanden.

Die Variabilität ist bei allen Kulturen äusserst gering, besonders bei den Pflanzen mit grossem Standraum.

Die medianen Werte der Samenlänge beim Flachs von Usquert und von Sappemeer betragen mehr als selbst der grösste Wert bei den vier Gartenkulturen, während auch die Samen ersterer Flachskulturen schwerer sind als die Samen aus dem botanischen Garten.

Die mediane Länge des Samens aus den Kapseln des Hauptstengels ist 4,16 mm, die aus denjenigen der Seitenzweige 4,13 mm. Erstere Samen sind also ein wenig länger.

Die Samen aus den 50 kleineren und aus den 50 grösseren Früchten des Flachses von Usquert sind einzeln gemessen. Der mediane Wert für die Samen aus den kleinsten Früchten beträgt 4,23 mm, für die aus den grössten 4,457 mm. Die grössten Kapseln enthalten also auch die längsten Samen.

Auch ist die Samenlänge der ursprünglichen Originalsaat bestimmt worden und diese Messungen gaben folgende Werte:

$M = 4{,}16$ mm; $Q = 0{,}10$ mm; $\frac{Q}{M} = 0{,}024$; Minimum $= 3{,}7$ mm; Maximum $= 4{,}6$ mm.

Aus der Vergleichung dieses medianen Wertes mit dem der Kulturen geht hervor, dass die Originalsamen kürzer sind als die der dichtgesäten Kultur und des Flachses von Usquert und von Sappemeer, während auch das Gewicht geringer ist als das Gewicht der Samen dieser drei Kulturen. Sie sind aber länger als bei der dichtgesäten Kultur auf magerem Boden und ungefähr den Samen der weitstehenden Pflanzen gleich.

Fig. 13, Taf. VI stellt die Kurven für die vier Kulturen und für die Originalsaat dar. Letztere ist oben in der Figur angegeben. Das Intervall beträgt 0,1 mm. Die gegenseitige Stellung der Kurven illustriert das oben beschriebene Verhältnis der medianen Werte. Die Kurve für die dichtgesäte Kultur auf magerem Boden, die im mittleren Teil der Figur mit punktierter Linie angegebene, ist asymmetrisch mit einem sehr langen linken Schenkel. Dieses deutet darauf hin, dass einige relativ sehr kurze Samen vorkommen. Für die Pflanzen auf fettem Boden bei dichter Saat zeigt die Kurve einen kürzeren Schenkel und noch kürzer ist derselbe für die weitstehenden Pflanzen, wie die beiden unteren Kurven zeigen. Es geht hieraus hervor dass, indem durch günstigere Wachstumsbedingungen der mediane Wert nur in einem Falle wirklich nennenswert vergrössert wird, in anderen sogar etwas geringer werden kann, die Samen im allgemeinen vollständiger ausgebildet werden, so dass sehr kleine, wenig entwickelte Samen nicht vorkommen.

Die Kurve für die Originalsaat zeigt nur eine geringe Asymmetrie und der linke Schenkel ist nicht lang ausgezogen. Dieses ist aber begreiflich, weil, wie gesagt, aus der Originalsaat die kleineren Samen ausgeschieden sind und mit diesen der untere Teil der Kurve verschwindet.

14. *Die Breite des Samens.* Zugleich mit der Länge ist auch die grösste Breite des Samens gemessen worden, ebenfalls bis auf 0,01 mm genau.

Der mediane Wert der Samenbreite der dichtgesäten Kultur auf fettem Boden beträgt 2,25 mm. KÖRNICKE[1]) gibt 2—2,5 mm; HEER[2]) 2,5; KUHNERT[3]) 1—2 mm an. Nach MARMÉ[4]) ist die Breite 2—3 mm und nach TSCHIRCH und OESTERLE[5]) 2,5—3 mm. Meine Beobachtungen stimmen am meisten mit denjenigen KÖRNICKES überein, die untersuchten Samen sind jedenfalls breiter als die Samen KUHNERTS, denn obgleich auch die allerkleinsten berücksichtigt sind, gibt es kein einziger, der nur 1 mm breit ist. Ebenso sind die untersuchten Samen schmäler als die von MARMÉ, und TSCHIRCH und OESTERLE, denn selbst das Maximum ist geringer als 3 mm.

Aus der Tabelle 1, S. 46 geht hervor, dass die medianen Werte der vier Kulturen nur sehr wenig auseinander gehen. Die Mediane ist am grössten bei beiden Kulturen auf fettem Boden. Der Standraum übt hier gar keinen Einfluss aus. Am geringsten ist die Mediane bei der dichtstehenden Kultur auf magerem Boden, 2,19 mm, aber der Unterschied ist gering. Die Empfindlichkeitskoeffiziente sind demzufolge äusserst klein, in einem Falle sogar null. Der Einfluss des Bodens und des Standraumes differieren nicht viel, der Bodeneinfluss überwiegt um ein wenig. Wenn, ausgehend von der dichtstehenden Kultur auf magerem Boden, die Mediane entweder durch fruchtbarere Erde oder durch grösseren Standraum etwas zugenommen hat, ist weder grösserer Standraum im ersteren Fall, noch fetterer Boden im zweiten, imstande die Mediane noch nennenswert zu vergrössern.

Die Variabilität ist sehr gering, am meisten variabel sind noch die Samen der dichtstehenden Pflanzen auf magerem Boden.

Die Samenbreite des Flachses von Usquert und von Sappemeer zeigt nur einen sehr geringen Unterschied mit der der Gartenkulturen. Die Samen des Leins von Usquert, welche etwas schwerer und länger sind als die von Sappemeer, sind aber ein wenig schmäler.

Die mediane Breite der Samen aus den Früchten des Hauptstengels ist 2,23 mm, die aus den Früchten der Seitenzweige 2,26 mm. Im Gegensatz zu den vorigen Merkmalen übertreffen die Samen der Seitenzweige die des Hauptstengels, sei es auch in geringem Masse.

Für die Samen aus den 50 kleinsten Früchten des Flachses von Usquert beträgt die Mediane 2,19 mm, für die aus den grössten Früchten 2,28 mm, letztere Samen sind somit ein wenig breiter.

---

1) FR. KÖRNICKE, l. c.
2) O. HEER, l. c. S. 14.
3) R. KUHNERT, l. c. S. 9.
4) W. MARMÉ, l. c. S. 394.
5) A. TSCHIRCH und O. OESTERLE, l. c. S. 257.

Die Originalsaat zeigt folgende Werte:

$M = 2,16$ mm; $Q = 0,81$ mm; $\frac{Q}{M} = 0,038$; Minimum $= 1,85$ mm; Maximum $= 2,5$ mm.

Es zeigt sich also, dass diese Samen schmäler sind als die Samen aller Kulturen hier, sogar als die der dichtstehenden Pflanzen auf magerem Boden.

Fig. 14, Taf. VI stellt die Kurven für die vier Kulturen und für die Originalsaat dar. Bei allen beträgt das Intervall 0,1 mm. Die aüsserst geringe Verschiebung der Kurven in Beziehung zueinander deutet den geringen Einfluss des Bodens und des Standraumes an. Die Kurve für die dichtstehende Kultur auf magerem Boden, die im mittleren Teil der Figur mit punktierter Linie gezeichnete, ist asymmetrisch mit einem langen linken Schenkel. Für die Kultur auf fettem Boden ist dieser Schenkel kürzer, noch kürzer für die weitstehenden Pflanzen auf magerem Boden, während die Kurve für die weitstehenden Pflanzen auf fettem Boden fast symmetrisch ist. Weder kräftige Düngung noch grosser Standraum sind also imstande die Samenbreite nennenswert zu vergrössern, aber unter günstigen Wachstumsbedingungen werden sämtliche Samen vollständiger ausgebildet, und es gibt alsdann keine ausserordentlich kleinen. Die Kurve für die Originalsaat ist fast symmetrisch, Minimum und Maximum gehen weniger auseinander als bei den dichtgesäten Kulturen. Weil aber die kleineren Samen ausgeschieden sind, gibt die Kurve nicht die ursprünglichen Verhältnisse der Samen wie sie in Russland geerntet wurden.

§ 5. Die Vergleichung der Variationsverhältnisse der verschiedenen Merkmale.

Im Vorhergehenden habe ich die verschiedenen Merkmale einzeln besprochen und ich werde jetzt dieselben miteinander vergleichen um festzustellen, inwieweit die untersuchten Organe in derselben oder in verschiedener Weise vom Boden und vom Standraum beeinflusst werden. Ich werde nun zuerst den Einfluss beider Faktoren auf die Mediane oder den arithmetischen Mittelwert der verschiedenen Merkmale besprechen, dann die Variabilität behandeln und die Veränderungen, welche dieselbe unter dem Einfluss des Bodens und des Standraumes bei den untersuchten Merkmalen aufweist und zum Schluss einiges über die Art des Variierens, die Variationskurven, mitteilen.

1. *Die Empfindlichkeit der Mediane oder des arithmetischen Mittelwertes der verschiedenen Merkmale für Boden und Standraum.*

Wenn wir die Tabellen 3 und 4, S. 49 für die Empfindlichkeitskoeffiziente des medianen Wertes und des arithmetischen Mittelwertes ansehen, so zeigt sich sofort, dass in fast allen Fällen dieser Koeffizient positiv ist. Hieraus folgt erstens, dass sowohl durch fetteren Boden wie durch grösseren Standraum beide Werte grösser werden, das heisst, dass die bezüglichen Organe kräftiger ausgebildet werden und zweitens, dass Boden und Standraum in derselben Richtung wirken. Nur auf die Stengellänge, gemessen von den Kotyledonen bis zur ersten Verästelung, also auf den Anfang der Verzweigung wirken beide Faktoren in entgegengesetzter Richtung. Hier sind die beiden Empfindlichkeitskoeffiziente für den Standraum negativ, der unverästelte Stengelteil der weitstehenden Pflanzen ist kleiner und es fängt somit die Verzweigung bei diesen niedriger am Stengel, schon in einem früheren Stadium, an.

Auch die Samenlänge zeigt negative Empfindlichkeitskoeffiziente und zwar für den Einfluss des Bodens auf weitstehende Pflanzen und für den Einfluss des Standraumes bei fettem Boden, während in den zwei anderen Fällen, nämlich einmal für den Einfluss des Bodens und einmal für den des Standraumes, der Empfindlichkeitskoeffizient positiv ist.

Aus der Tatsache, dass von den genannten Ausnahmen abgesehen, übrigens bei allen Merkmalen die Empfindlichkeitskoeffiziente positiv sind, geht hervor, dass mit der Zunahme des einen Merkmales eine Vergrösserung aller anderer Hand in Hand geht. Alle diese Merkmale werden durch die nämliche Ursache zugleich in dieselbe Richtung abgeändert; nimmt durch fetteren Boden oder durch grösseren Standraum die Stengellänge zu, so wird auch der Stengel dicker und reichlicher verzweigt, und Zahl, Gewicht und Dimensionen der Frucht und des Samens nehmen ebenfalls zu.

Man würde hieraus auf einen gewissen Zusammenhang zwischen diesen Merkmalen schliessen können. Wie locker aber dieser Zusammenhang indertat ist, lehrt uns die Vergleichung der Pflanzen der dichtgesäten Gartenkultur auf fettem Boden mit dem Flachs von Sappemeer und von Usquert. Es zeigt sich dann, dass die totale Stengellänge und die Länge des unverästelten Stengelteils bei der erstgenannten Kultur grösser sind als beim Flachs von Sappemeer, aber in allen anderen Merkmalen übertrifft der Flachs von Sappemeer den des botanischen Gartens. Das nämliche Verhältnis liegt vor bei der Vergleichung des Flachses von Usquert mit dem der angedeuteten

Gartenkultur, nur ist hier ausser der Stengellänge auch die Samenlänge beim Flachs der Kultur grösser, aber nicht nennenswert. Im allgemeinen stehen somit bei der Kultur im botanischen Garten einerseits und beim Flachs von Sappemeer und von Usquert anderseits die Stengellänge und die übrigen Merkmale in einem Gegensatz zueinander.

Wieder anders verhalten sich die gesamten Merkmale, wenn wir den Flachs von Usquert mit dem von Sappemeer vergleichen. Es ergibt sich dann, dass die Stengellänge, die Länge des unverästelten Stengelteils, die Dicke und das Gewicht des Stengels, sowie Gewicht und Länge des Samens beim Flachs von Usquert grösser sind, dagegen zeigt der Flachs von Sappemeer höhere Werte für die Prozentzahl der am oberen Ende verzweigten Pflanzen, die Anzahl und das Gewicht der Früchte, die Anzahl der Samen in der Frucht und die Breite des Samens. Bei diesen beiden Kulturen stehen also diese beiden genannten Merkmalsgruppen einander gegenüber.

Aus dem Gesagten geht hervor, dass die gesamten Merkmale das eine Mal eine derartige Übereinstimmung zeigen, dass alle von äusseren Bedingungen in demselben Sinne beeinflusst werden, während diese Merkmale ein anderes Mal, unter anderen Verhältnissen, in ihrem Betragen auseinander gehen.

In welcher Weise die verschiedenen Merkmale in der nämlichen Kultur im Zusammenhang miteinander stehen, werde ich im folgenden Kapitel behandeln.

Für die Praxis am wichtigsten ist der Einfluss des Standraumes zugleich auf die Länge, die Dicke und den Grad der Verästelung des Stengels. In der Praxis gilt der Satz, dass bei undichter Saat der Stengel länger, dicker und mehr verästelt ist. Meine Beobachtungen über die Kulturen im botanischen Garten bestätigen diesen praktischen Satz. Vergleicht man aber Flachs auf verschiedenen Bodenarten bei verschiedener Saatdichte kultiviert, so trifft er nicht immer zu. Auf dem Acker in Usquert war die Saatdichte 2,25 Hektoliter pro Hektar, im botanischen Garten war sie nach 4 Hektoliter pro Hektar berechnet. Es war nun der Flachs von Usquert indertat dicker und reichlicher verästelt, aber nicht länger. Das nämliche Verhältnis zeigte der Flachs von Sappemeer, wo die Saatdichte, wie in Usquert, 2,25 Hektoliter pro Hektar betrug und der Stengel zwar dicker und viel reichlicher verästelt, aber sogar viel kürzer als beim Flachs des botanischen Gartens war. Dass aber die oben angedeutete Meinung in der Praxis allgemein verbreitet ist, liegt auf der Hand, weil die Landwirte wohl meistens den Flachs verschiedener Äcker, aber in derselben Gegend, also Äcker mit der nämlichen Bodenart miteinander verglichen haben. Nur die Resultate Haven-

STEINS[1]) stimmen weder mit den Erfahrungen der Praxis, noch mit meinen Beobachtungen überein, denn der Boden seiner drei Parzellen war der nämliche und er erhielt bei der dichtesten Aussaat die dünnsten, am wenigsten verästelten, aber längsten Stengel.

Wie wir oben sahen, wirken bei den Versuchskulturen Boden und Standraum fast immer in derselben Richtung und es liegt nun die Frage nahe, welcher der beiden Faktoren überwiegt. Vergleichen wir dazu in den Tabellen 3 und 4, S. 49 die in der 1. und 2. vertikalen Spalte angegebenen Empfindlichkeitskoeffiziente für den Boden mit den in der 3. und 4. Spalte verzeichneten Empfindlichkeitskoeffizienten für den Standraum. Es ergibt sich dann, dass bei allen fünf Stengelmerkmalen, auch bei der Anzahl der Früchte und bei der Anzahl der Samen in der Frucht der Einfluss des Standraumes den des Bodens in sehr bedeutendem Grade übertrifft. Auch auf die Anzahl der an der Basis entspringenden Seitenzweige und die Prozentzahl der am oberen Ende verzweigten Pflanzen übt der Standraum bedeutend grösseren Einfluss aus, wie wir oben bei der Besprechung dieser Merkmale sahen. Weniger stark, aber dennoch merkbar überwiegt der Einfluss des Standraumes auf das Gewicht der Frucht. Auf den Diameter der Frucht üben Boden und Standraum ungefähr gleich grossen Einfluss aus. Dagegen ist der Einfluss des Bodens auf das Gewicht und auf die Länge und die Breite des Samens grösser, obgleich bei beiden ersteren nur in geringem Masse.

Im allgemeinen übertrifft also der Einfluss des Standraumes den des Bodens bedeutend.

Vergleichen wir jetzt die Grösse der Empfindlichkeitskoeffiziente der verschiedenen Merkmale miteinander. Es stellt sich dann heraus, dass die Stengelmerkmale weitaus grössere Koeffiziente aufweisen als die Merkmale der Frucht und des Samens. Nur die Anzahl der Früchte zeigt auch sehr grosse Empfindlichkeit, aber diese Zahl wird gerade durch den Grad der Verästelung bedingt und ist somit auch eine Äusserung der Stengelausbildung. Die vegetativen Organe der Leinpflanze empfinden also einen viel grösseren Einfluss des Bodens und des Standraumes als die generativen.

Auffallend ist es, dass während die Empfindlichkeitskoeffiziente des Diameters der Frucht und der Länge und der Breite des Samens sehr gering sind, die Zahl der in der Frucht vorhandenen Samen dagegen viel grössere Koeffiziente zeigt. Die Dimensionen der Frucht und des Samens sind also

[1]) G. HAVENSTEIN, l. c.

im allgemeinen sehr wenig empfindlich für den Einfluss des Bodens und des Standraumes, während die Anzahl der gebildeten Samen von diesen Faktoren viel stärker beeinflusst wird. Für das Gewicht der Frucht und des Samens in Beziehung zur Samenzahl lehren die Empfindlichkeitskoeffiziente in der 1. Spalte der Tabelle 4, dass beim Übergang vom mageren auf fetten Boden bei den dichtstehenden Pflanzen sowohl die Frucht wie der Samen relativ viel an Gewicht zunehmen, während die Anzahl der Samen relativ viel weniger als das Gewicht zunimmt. Die Zunahme des Gewichtes der Frucht wird hier also in erster Linie durch grösseres Gewicht der Samen verursacht und erst in zweiter durch grössere Anzahl derselben. Bekommen die Pflanzen dazu noch grossen Standraum, so ergibt sich aus den Empfindlichkeitskoeffizienten der 3. Spalte, dass dann die Samenzahl bedeutend zunimmt, während das Gewicht des Samens sogar noch etwas zurückgeht. Die Zunahme des Gewichtes der Frucht wird in diesem Falle also nur bedingt durch die grössere Anzahl der Samen, nicht durch Vermehrung ihres Gewichtes.

2. *Die Variabilität und ihre Empfindlichkeit für Boden und Standraum.*

Sehen wir uns jetzt in der Tabelle 1, S. 43 die Variabilitätskoeffiziente $\frac{Q}{M}$ an. Es zeigt sich dann zuerst, dass die Variabilität der verschiedenen Merkmale ansehnlich auseinander geht, dieselbe schwankt zwischen 0,026 und 0,580.

Im allgemeinen weisen die Stengelmerkmale grössere Variabilität auf als die der Frucht und des Samens, dennoch sind in der dichtstehenden Kultur die totale Länge und die Länge des unverästelten Stengelteils nicht viel variabeler als der Diameter der Frucht. Bei grossem Standraum aber nimmt die Variabilität ersterer zwei Merkmale zu, die des letzteren dagegen bedeutend ab.

Von den untersuchten Stengelmerkmalen, Länge, Dicke und Gewicht, ist die Variabilität des Gewichtes weitaus die grössere, während die Stengeldicke bedeutend stärker variabel ist als die Stengellänge.

Die Variabilität der Samenlänge und -breite ist noch viel geringer als die der Frucht; es schwankt die Grösse der in den Früchten vorhandenen Samen noch weniger als die der Früchte selbst. Dies lässt sich erklären durch die Tatsache, dass die Anzahl der Samen in den kleineren Früchten geringer ist als in den grösseren und infolgedessen werden die Samen in den kleineren

Kapseln besser ausgebildet als der Fall sein würde, wenn die Samenzahl in grossen und kleinen Früchten dieselbe wäre. Hierdurch zeigt die Samengrösse geringere Unterschiede und ist somit ihre Variabilität geringer.

Die Variabilität der Merkmale des Flachses von Usquert und von Sappemeer unterscheidet sich nicht viel von der der dichtgesäten Kultur auf fettem Boden im botanischen Garten. In den meisten Fällen ist beider Variabilität etwas geringer und für alle Merkmale ist der Flachs von Sappemeer etwas weniger variabel als der von Usquert.

Wenn wir die Grösse der Variabilität mit dem Empfindlichkeitskoeffizienten der Mediane oder des arithmetischen Mittelwertes der verschiedenen Merkmale vergleichen, so zeigt sich, dass im grossen und ganzen mit einer grösseren Variabilität auch eine grössere Empfindlichkeit der Mediane oder der Mittelwertes Hand in Hand geht. Dies ist nicht ganz unerklärlich. Die Variabilität ist eine Äusserung teils der verschiedenen Umstände, welche die Individuen in einer einzigen Kultur beeinflussen, teils von im Samen schon vorhandenen, erblich erhaltenen Unterschieden. Es liegt nun auf der Hand, dass diejenigen Merkmale, welche durch ihre grosse Variabilität beweisen, dass die Unterschiede, welche in einer einzigen Kultur vorliegen, einen grossen Einfluss auf dieselben ausüben, auch für die grösseren Unterschiede zwischen zwei Kulturen unter verschiedenen Bedingungen mehr empfindlich sind. Dennoch ist die Sache hiermit nicht ganz klar gelegt, denn es gibt Fälle, in welchen zwei Merkmale etwa gleich grosse Variabilität, aber verschieden grosse Empfindlichkeitskoeffiziente der Mediane zeigen, wie z. B. die Stengellänge und der Diameter der Frucht bei den dichtstehenden Pflanzen. Bei diesen Merkmalen müssen somit auch voneinander verschiedene Faktoren die Variabilität und die Empfindlichkeit bedingen. Es ist deshalb nötig die Begriffe Variabilität und Empfindlichkeit der Mediane scharf zu trennen. Vielfach findet man die Behauptung, dass die Grösse der Frucht der Stengellänge gegenüber sehr wenig variabel sei. Wie wir jetzt wissen, ist diese Auffassung nicht richtig, die Variabilität beider Merkmale geht nicht viel auseinander, aber die Empfindlichkeit ihrer Mediane für Boden und für Standraum sehr bedeutend.

In welcher Weise und in welchem Grade wird nun die Variabilität der verschiedenen Merkmale vom Boden und vom Standraum beeinflusst? Damit der Einfluss dieser beiden Faktoren bei den verschiedenen Merkmalen verglichen werden kann, sind in derselben Weise wie für den medianen Wert die Empfindlichkeitskoeffiziente für die Variabilität berechnet. Der Empfindlichkeitskoeffizient, welcher den Einfluss des Bodens auf die Variabilität dicht-

stehender Pflanzen angibt, wird erhalten, wenn man den Unterschied der in der Tabelle 1, S. 43 für $\frac{Q}{M}$ hinter a und b angegebenen Werte durch den Wert a dividiert. Auf dieselbe Weise gibt $\frac{c-d}{c}$ den Empfindlichkeitskoeffizient der Variabilität für den Boden bei grossem Standraum, $\frac{c-a}{c}$ den für den Standraum bei fettem, $\frac{d-b}{d}$ den für den Standraum bei magerem Boden.

In den vier vertikalen Spalten folgender Tabelle sind diese Empfindlichkeitskoeffiziente angegeben.

Tabelle 5.

Empfindlichkeitskoeffiziente der Variabilität

	für den Einfluss des Bodens auf dichtstehende Pflanzen.	für den Einfluss des Bodens auf weitstehende Pflanzen.	für den Einfluss des Standraumes bei fettem Boden.	für den Einfluss des Standraumes bei magerem Boden.
1. Totale Stengellänge	− 0,23	− 1,12	− 0,16	+ 0,32
2. Stengellänge bis zur Verästelung	+ 0,14	− 0,41	+ 0,52	+ 0,67
3. Stengeldicke in halber Höhe.	+ 0,16	− 2,14	− 0,93	+ 0,46
4. Stengeldicke an der Basis.	+ 0,16	− 0,77		
5. Stengelgewicht	+ 0,17	− 1,20	− 0,76	+ 0,34
8. Anzahl der Früchte		− 0,69		
9. Diameter der Frucht . . .	− 0,30	+ 0,06	− 0,89	− 1,90
13. Länge des Samens.	+ 0,23	− 0,03	− 0,66	− 0,25
14. Breite des Samens.	− 0,03	+ 0,07	− 0,15	− 0,27

Aus dieser Tabelle geht hervor, dass der Empfindlichkeitskoeffizient in 12 Fällen positiv, in 19 negativ ist. Es setzt somit eine Verbesserung der Wachstumsbedingungen, entweder durch fetteren Boden oder durch grösseren Standraum, die Variabilität in mehr Fällen herab als dass sie dieselbe steigert. Die Mehrzahl der positiven Koeffiziente finden sich in der 1. und 4. Spalte. Also beim Übergang vom mageren auf fetten Boden bei dichtste-

henden Pflanzen oder bei Vergrösserung des Standraumes bei magerem Boden nimmt die Variabilität in den meisten Fällen zu. Dagegen sind die Koeffiziente der 2. und 3. Spalte fast alle negativ. Das bedeutet, dass wenn die Variabilität erst durch fetteren Boden zugenommen hat, grösserer Standraum dieselbe wieder verringert und ebenfalls dass, wenn durch grösseren Standraum bei den Pflanzen auf magerem Boden die Variabilität grösser geworden ist, fetterer Boden dieselbe wieder herabsetzt.

Es zeigen also die Merkmale in den meisten Fällen die geringste Variabilität bei den dichtstehenden Pflanzen auf magerem und bei den weitstehenden auf fettem Boden, also unter denjenigen Bedingungen, welche entweder sehr ungünstig oder überwiegend günstig sind. Wie ich früher betonte, waren die Wachstumsbedingungen der weitstehenden Pflanzen auf fettem Boden ausserordentlich günstig, weder durch bessere Düngung noch durch grösseren Standraum konnte der mediane Wert der Merkmale noch vergrössert werden. Es lässt sich nun leicht erklären, dass die Variabilität unter diesen Umständen am geringsten ist, denn die Pflanzen werden sich, weil alle, ohne Ausnahme, Nahrung und Standraum im Überschuss geboten wird, gleichförmiger entwickeln und sie werden infolgedessen geringere Unterschiede in der Kultur, das heisst geringere Variabilität, aufweisen. Die Verhältnisse der dichtstehenden Pflanzen auf magerem Boden hingegen waren gar nicht derart, dass die Wachstumsbedingungen nicht noch ungünstiger hätten sein können. Wir finden denn auch hier die Kultur noch nicht so gleichförmig schlecht entwickelt und die Variabilität so gering, wie das unter äusserst ungünstigen Umständen wahrscheinlich möglich wäre. Dennoch zeigt diese Kultur im allgemeinen geringere Variabilität als die auf fetterem Boden oder mit grösserem Standraum.

Der absolute Wert der Empfindlichkeitskoeffiziente geht bedeutend auseinander und schwankt zwischen — 2,14 und + 0,67. Obgleich die Stengelmerkmale denjenigen der generativen Organe gegenüber am meisten variabel sind, finden wir hier den Unterschied zwischen den beiden Merkmalsgruppen nicht in so hohem Masse zurück; die Empfindlichkeit der Variabilität für Abänderungen des Bodens und des Standraumes geht bei diesen zwei Gruppen nicht so weit auseinander als dies bei der Empfindlichkeit beider medianen Werte der Fall ist.

Vergleichen wir den Einfluss des Bodens mit dem des Standraumes auf die Variabilität der verschiedenen Merkmale, so zeigt sich, dass der Boden in einigen Fällen einen grösseren, in anderen dagegen einen geringeren Einfluss als der Standraum ausübt. Beide Faktoren sind somit der Variabilität gegen-

über ungefähr von gleichem Wert, im Gegensatz zu dem was wir für den medianen Wert und den Mittelwert der Merkmale fanden, bei welchen der Einfluss des Standraumes in weitaus den meisten Fällen bedeutend überwog.

3. *Die Vergleichung der Kurven der verschiedenen Merkmale.*

Bei der Behandlung der einzelnen Merkmale haben wir gesehen, dass während das Mass des Einflusses des Bodens und des Standraumes durch die Empfindlichkeitskoeffiziente zahlenmässig ausgedrückt wird, die Kurven und Kurvenpaare durch ihre gegenseitige Stellung diesen Einfluss illustrieren. Jetzt will ich noch die Form der Kurven, also die Art des Variierens der verschiedenen Merkmale miteinander vergleichen. Dazu lenke ich zuerst die Aufmerksamkeit auf die Kurven der verschiedenen Merkmale unter den nämlichen Bedingungen und zwar auf die Kurven der dichtstehenden Kultur auf fettem Boden, das sind die mit ununterbrochener Linie im oberen Teil jeder Figur dargestellten Kurven. Nur in den Figuren 13 und 14 sind diese Kurven im mittleren Teil zu finden.

Wir sehen dann, dass einige Merkmale, das heisst die Stengellänge, die Länge des unverästelten Stengelteils, die Stengeldicke an der Basis und die Samenbreite nahezu symmetrische Kurven aufweisen; andere, wie die Dicke in halber Höhe und das Stengelgewicht zeigen asymmetrische Kurven, deren Gipfel sich mehr oder weniger der Minimumseite nähert; wiederum andere Merkmale, wie der Fruchtdiameter und die Samenlänge haben asymmetrische Kurven, bei denen der Gipfel sich an der Maximumseite befindet. Weiter weist die Anzahl der Früchte eine halbe Kurve auf und es gibt sogar ein einziges Merkmal, das heisst die Anzahl der Seitenzweige an der Basis, welches in dieser Kultur überhaupt nicht variiert und somit nicht durch eine Kurve, sondern durch eine gerade Linie dargestellt werden muss. Wie man sieht, liegen unter denselben Wachstumsbedingungen bei den verschiedenen Merkmalen sogar der nämlichen Organe sehr weit auseinander gehende Verhältnisse vor. Es liegt nun auf der Hand, dass diese Kurven, welche so grosse Unterschiede aufweisen, in sehr verschiedener Weise abgeändert werden, wenn die äusseren Bedingungen veränderen. Am besten werden wir diese Veränderungen begreifen und die Erscheinung des Variierens kennen lernen, wenn wir uns eine Vorstellung machen von den Verhältnissen wie sie in der Natur vorliegen. Dazu können uns die in dieser Arbeit und bereits früher [1]) gemachten Beobachtungen

[1]) Recueil des trav. bot. Néerl. Vol. 2, 1905, S. 17.

als Ausgangspunkt dienen. Auf diesen Tatsachen gegründet, habe ich die folgende Hypothese aufgestellt. Frühere ebenso wie vorliegende Untersuchungen haben mir gelehrt, dass die Merkmale in ihrer Ausbildung beschränkt sind. Für jedes Merkmal besteht eine höchste tatsächliche Grenze, welche unter den möglichst günstigen Bedingungen nicht überschritten werden kann, und ebenfalls gibt es für jedes Merkmal eine niedrigste Grenze, welche unter den denkbar ungünstigsten Umständen erreicht wird. Zwischen diesen beiden Grenzen liegt das Variationsgebiet des Merkmals. Die Entfernung dieser Grenzen voneinander ist verschieden für verschiedene Merkmale, bisweilen ist das Variationsgebiet sehr gross, in anderen Fällen nur klein. Die untere Grenze, das äusserst erreichbare Minimum, ist meistens besser bekannt und leichter erreichbar als die obere Grenze, das äusserste Maximum, welches sich oft nicht mit Genauigkeit bestimmen lässt. Unsere Kenntnis des unteren Teiles des Variationsgebietes ist deshalb in den meisten Fällen grösser. Wenn wir nun die Variationskurve eines Merkmals aus den Beobachtungen zusammenstellen, so wird dieselbe zwischen diesen beiden Grenzen liegen und mit ihren Enden, je nach den Bedingungen der Kultur, beide, eine oder keine der beiden Grenzen erreichen. Der mediane Wert dieser Kurve liegt somit an einem Punkte zwischen diesen beiden Grenzen, aber wo derselbe auf der Linie, welche äusserstes Minimum und äusserstes Maximum verbindet, liegt, hängt von den Wachstumsbedingungen ab. Wenn wir dieses ins Auge fassen, so werden die Veränderungen, welche die Kurven der verschiedenen Merkmale erfahren und welche sonst so regellos erscheinen, besser begreiflich. Wir wissen, dass durch günstigere Wachstumsbedingungen die Mediane der Kurve gegen die Maximumseite, durch ungünstigere gegen die Minimumseite hin verschoben wird. Der Einfluss dieser Verschiebungen auf die Form der Kurve wird nun aber bei den verschiedenen Merkmalen sehr verschieden sein, je nach der Grösse des Variationsgebietes, der Stelle der ursprünglichen Kurve zwischen den beiden Grenzen und nach der Grösse der Verschiebung. Ist das Variationsgebiet gross und liegt die Kurve nicht zu weit von der Mitte dieses Gebietes entfernt und ist zudem die Verschiebung der Kurve nur gering, so wird die Form derselben meistens nicht erheblich abgeändert. Tritt aber bei der Verschiebung der Kurve im mittleren Teil des Variationsgebietes dennoch eine Formveränderung auf, so lehren meine bis jetzt gemachten Beobachtungen, dass dieselbe eine sehr verschiedene sein kann, unabhängig von der Richtung, in welche die Kurve verschoben wird.

Ganz anders liegt die Sache, wenn entweder die Kurve in der Nähe

einer der beiden Grenzen steht, oder der Einfluss der Bedingungen so gross ist, dass eine bedeutende Verschiebung der Kurve stattfindet. Denken wir uns, dass die Kurve dermassen verschoben ist, dass sie z. B. die Minimumgrenze erreicht hat, dann wird, sobald die Bedingungen noch etwas ungünstiger werden, eine noch grössere Individuenzahl den Minimumwert aufweisen, die Form der Kurve ändert sich dadurch, dieselbe wird asymmetrisch. Werden die Umstände noch ungünstiger, so werden stets mehr Individuen den Minimumwert zeigen, es findet dann an der unteren Grenze eine starke Anhäufung statt und die asymmetrische Kurve ist in eine halbe Kurve verwandelt. Unter äusserst ungünstigen Bedingungen wird die halbe Kurve sehr steil und es gibt Fälle, in welchen die Kurve in eine gerade Linie übergeht.

In derselben Weise, aber in entgegengesetzter Richtung verändern die Kurven, wenn die Wachstumsbedingungen günstiger werden. Die Beobachtung aber lehrt, dass, während mehrere Merkmale unter ungünstigen oder selbst relativ günstigen Bedingungen eine halbe Kurve, an der Minimumseite liegend, aufweisen, die obere Grenze nicht so leicht erreicht wird. Es treten unter günstigen Wachstumsbedingungen wohl nach der Maximumseite gerichtete asymmetrische Kurven auf, aber halbe Kurven an dieser Seite des Variationsgebietes kommen bei den von mir untersuchten Merkmalen nicht vor.

Im Anschluss an das Vorhergehende will ich hier noch hervorheben, dass, obgleich die nach der Minimum- oder nach der Maximumseite gerichtete Asymmetrie der Kurve oft eine Andeutung ist, dass die untere oder die obere Grenze des Variationsgebietes nicht weit entfernt liegt, man dennoch, wie sich noch zeigen wird, nicht aus jeder asymmetrischen Kurve darauf schliessen darf.

Sehen wir uns jetzt, im Zusammenhang mit dem Obengesagten, die verschiedenen in der Tafel VI dargestellten Fällen an. Wie früher mitgeteilt wurde, beziehen die oberen Kurvenpaare jeder Figur sich auf die dichtgesäten Kulturen, die unteren auf die weitstehenden und stellen die mit punktierter Linie angedeuteten Kurven die der Kulturen auf magerem Boden, die mit ununterbrochener Linie gezeichneten, die der Kulturen auf fettem Boden dar. Die oberen, mit punktierter Linie angedeuteten Kurven sind also diejenigen, welche unter den ungünstigsten Wachstumsbedingungen erhalten wurden, die unteren, mit ununterbrochener Linie gezeichneten, diejenigen, welche unter den günstigsten Bedingungen auftraten.

Es ergibt sich nun, dass bei der Stengellänge, Fig. 1, die nahezu symmetrische Kurve der unter den ungünstigsten Umständen kultivierten Pflanzen, durch günstigere Bedingungen in eine nach der Maximumseite gerichtete asymmetrische Kurve abgeändert wird. Unter den günstigsten Wachstumsbedingungen

fangen die Individuen an sich an der Maximumseite anzuhäufen, dagegen ist unter den ungünstigsten Umständen keine Anhäufung an der Minimumseite merkbar; der Einfluss der unteren Grenze des Variationsgebietes macht sich bei diesem Merkmal dann noch nicht geltend.

Gerade das Entgegengesetzte finden wir beim Stengelgewicht, Fig. 5. Dieses Merkmal zeigt unter den günstigsten Umständen eine nahezu symmetrische Kurve, welche bei ungünstiger werdenden Umständen in eine stets mehr asymmetrische, nach der Minimumseite gerichtete Kurve verändert. Die unter den ungünstigsten Bedingungen erhaltene Kurve zeigt, dass in diesem Falle die untere Grenze des Variationsgebietes fast erreicht ist, denn die Individuen sind sichtbar an der Minimumseite angehäuft, während bei diesem Merkmal der Einfluss der oberen Grenze, selbst unter den günstigsten Bedingungen, nicht merkbar ist.

Bei der Stengeldicke in halber Höhe, Fig. 3, sehen wir in den Kurven eine Andeutung sowohl der unteren wie der oberen Grenze. Unter den ungünstigsten Umständen zeigt dieses Merkmal eine nach der Minimumseite gerichtete asymmetrische Kurve, welche unter günstigeren Umständen weniger asymetrisch wird, unter noch günstigeren nahezu symmetrisch und unter den günstigsten in eine nach der Maximumseite gerichtete asymetrische Kurve übergeht. Unter den ungünstigsten Wachstumsbedingungen der verschiedenen Kulturen findet bei diesem Merkmal also eine Anhäufung an der Minimumseite, unter den günstigsten eine Anhäufung an der Maximumseite statt.

Noch stärker ist die Anhäufung an der Minimumseite bei der Anzahl der Früchte, Fig. 8. Wir finden bei diesem Merkmal unter den günstigsten Kulturbedingungen eine nahezu symmetrische Kurve, welche unter ungünstigen Bedingungen in eine asymmetrische und unter noch ungünstigeren in eine halbe Kurve verändert. Unter den ungünstigsten Bedingungen ist die Kurve sehr steil und ist die grosse Mehrzahl der Individuen an der unteren Grenze des Variationsgebietes angehäuft.

In noch stärkerem Grade tritt diese Erscheinung bei der Anzahl der Seitenzweige an der Basis, Fig. 6, auf. Diese Figur bezieht sich nur auf die mit grossem Standraum kultivierten Pflanzen. Die mit ununterbrochener Linie gezeichnete Kurve stellt somit diejenige dar, welche unter den moglichst günstigen Wachstumsbedingungen erhalten wurde, und diese ist sogar eine nach der Minimumseite gerichtete asymmetrische. Wenn die Umstände ungünstiger werden verändert diese asymmetrische Kurve in eine sehr steile halbe Kurve. Die Individuen sind dann sehr stark an der unteren Grenze des Variationsgebietes zusammengedrängt. Werden die Wachstumsbedingungen

noch ungünstiger, so zeigen alle Individuen ohne Ausnahme den äussersten Minimumwert und die halbe Kurve ist in eine gerade Linie verwandelt. Dieser Fall ist in der Tafel nicht dargestellt.

Die Stengeldicke an der Basis, Fig. 4, weist einen Fall auf, in welchem das Variationsgebiet sehr gross ist, und in welchem sogar unter den ausserordentlich auseinander gehenden Bedingungen der vier Kulturen weder die Minimum- noch die Maximumgrenze sich geltend macht. Nur unter den ungünstigsten Bedingungen ist eine sehr geringe, nach der Minimumseite gerichtete Asymmetrie der Kurve sichtbar.

Dass, wie ich oben betonte, nicht immer aus der Asymmetrie einer Kurve hervorgeht, dass die aüsserste Grenze nahe liegt, beweisen die Kurven der Samenlänge. Die nach der Maximumseite gerichtete asymmetrische Kurve der dichtgesäten Kultur auf magerem Boden, mit punktierter Linie im mittleren Teil der Figur angegeben, ändert sich auf fettem Boden in eine symmetrische, bei welcher der Maximumwert bedeutend grösser ist als der Maximumwert der erstgenannten Kurve. Bei der Besprechung dieses Merkmals habe ich schon mitgeteilt, dass der grössere Standraum nicht begünstigend auf dasselbe wirkt und dass infolgedessen andere Verhältnisse als bei den übrigen Merkmalen auftreten.

Aus dieser Betrachtung der zusammengehörenden Kurven der verschiedenen Merkmale ergibt sich, dass die Kurven dieser Merkmale unter den nämlichen Bedingungen eine sehr verschiedene Stellung in ihrem Variationsgebiet einnehmen; die Kurve des einen Merkmals steht in der Nähe der Minimumgrenze, die eines anderen steht ziemlich weit davon entfernt, indem Kurven wiederum anderer Merkmale sich in der Nähe der Maximumgrenze befinden. Wenn wir dann in Betracht ziehen, dass der Grad des Einflusses des Bodens und des Standraumes auf diese verschiedenen Merkmale aüsserst verschieden ist, so wird es deutlich, dass die Variationskurven aller dieser Merkmale der Leinpflanze so grosse Unterschiede zeigen in der Weise, in welcher sie auf Veränderungen der Wachstumsbedingungen reagieren.

§ 6. **Zusammenfassung der Ergebnisse dieses Kapitels.**

Zum Schlusse werde ich die wichtigsten Resultate dieses Kapitels kurz resumieren.

1. Der Boden und der Standraum wirken in fast allen Fällen in derselben Richtung auf die Mediane und auf den arithmetischen

Mittelwert der Merkmale. Auf die Länge des unverästelten Stengelteils wirken beide Faktoren aber in entgegengesetztem Sinn. Diese Länge wird durch grösseren Standraum herabgesetzt, durch fetteren Boden gefördert. Und auf die Länge des Samens wirken diese Faktoren, je nach den Umständen entweder in derselben oder in entgegengesetzter Richtung.

2. Die Empfindlichkeitskoeffiziente der medianen und der arithmetischen Mittelwerte für die beiden Faktoren sind mit einigen wenigen Ausnahmen positiv. In den vier Kulturen stimmen die Merkmale somit derart überein, dass unter dem Einfluss der dort wirkenden Faktoren der mediane Wert sämtlicher Merkmale vergrössert wird. Unter anderen Verhältnissen als bei diesen Gartenkulturen zeigen verschiedene Merkmale weniger Übereinstimmung und gehen in ihrem Verhalten auseinander.
3. Der Einfluss des Standraumes ist in der Regel derart, dass bei undichter Saat, längere, dickere und reichlicher verästelte Stengel gebildet werden; es kann aber auch der Stengel dicker und mehr verzweigt werden aber zugleich kürzer bleiben.
4. Der Boden und der Standraum können, auch wo diese Faktoren in derselben Richtung wirken, einander nicht ganz vertreten. In den meisten Fällen kann grösserer Standraum die Mediane oder den arithmetischen Mittelwert eines Merkmals der Pflanzen auf möglichst gut gedüngtem Boden noch vergrössern und umgekehrt kann der mediane Wert der Pflanzen, die so grossen Standraum haben, dass sie sich völlig frei entwicklen können, dennoch durch fetteren Boden zunehmen.
5. Bei 10 von den 14 untersuchten Merkmalen übertrifft der Einfluss des Standraumes auf die Mediane oder auf den arithmetischen Mittelwert den des Bodens, meistens in sehr starkem Grade; bei einem einzigen Merkmal üben beide Faktoren gleich grossen Einfluss aus; und bei 3 überwiegt der Einfluss des Bodens.
6. Im allgemeinen ist die Mediane oder der arithmetische Mittelwert der Merkmale des Stengels (vegetatives Organ) viel mehr empfindlich für den Einfluss des Bodens und des Standraumes als die Mediane oder der arithmetische Mittelwert der Merkmale der Frucht und des Samens (generative Organe).
7. Die Anzahl der Samen in der Frucht zeigt viel grössere Empfindlichkeit für den Boden und besonders für den Standraum als der

Diameter der Frucht und als die Länge und die Breite des Samens.

8. Die Stengelmerkmale sind mehr variabel als die der Frucht und des Samens. Nur die Stengellänge und der Diameter der Frucht zeigen unter normalen Wachstumsbedingungen ungefähr gleich grosse Variabilität; dagegen ist (Man sehe 6.) die mediane Stengellänge sehr empfindlich für den Einfluss des Bodens und Standraumes, der mediane Fruchtdiameter aber nur wenig. Es geht eine starke Variabilität nicht immer mit einer grossen Empfindlichkeit der Mediane für äussere Faktoren Hand in Hand.
9. Die Samenlänge und die Samenbreite sind bedeutend weniger variabel als der Diameter der Frucht.
10. Günstigere Wachstumsbedingungen, entweder durch fetteren Boden, grösseren Standraum oder durch beide zugleich, setzen in 12 Fällen die Variabilität herab und vergrössern dieselbe in 19 Fällen.
11. Der Boden und der Standraum üben auf die Variabilität ungefähr gleich grossen Einfluss aus.
12. Unter sehr ungünstigen Wachstumsbedingungen, aber besonders unter aüsserst günstigen ist die Variabilität der Merkmale am geringsten.
13. Die kleineren Früchte enthalten eine viel geringere Anzahl von Samen als die grösseren, während das Gewicht, die Länge und die Breite des Samens der kleineren Früchte relativ viel weniger hinter diesen Merkmalen der Samen aus den grösseren zurückbleiben.
14. Die Anzahl, das Gewicht und der Diameter der Früchte des Hauptstengels, sowie das Gewicht, die Anzahl und die Länge der in diesen Früchten gebildeten Samen sind grösser als die der Früchte und der Samen der an der Basis entspringenden Seitenzweige. Nur die Breite des Samens letzterer übertrifft die des Hauptstengels um ein wenig.
15. Das Gewicht, die Länge und die Breite der russischen Originalsaat sind geringer als beim hiesigen, unter normalen Wachstumsbedingungen gewonnenen Samen.
16. Die Form der Variationskurve, das heisst die Art des Variierens, ist bei den verschiedenen Merkmalen auch unter den nämlichen Bedingungen sehr verschieden.
17. Die Form der Kurven wird bei den verschiedenen Merkmalen in sehr verschiedener Weise vom Boden und vom Standraum beeinflusst.

VIERTES KAPITEL.

Die Korrelation einiger makroskopischen Merkmale.

Es ist eine längst bekannte Tatsache, dass verschiedene Merkmale eines lebenden Wesens, es sei Pflanze oder Tier, oft in einem mehr oder weniger engen Zusammenhang miteinander stehen. Man sagt dann, dass zwischen denselben eine gewisse Korrelation besteht. Obgleich ältere Forscher schon die Aufmerksamkeit auf diese Erscheinung lenkten und Beziehungen zwischen zwei Merkmalen sehr oft beobachtet wurden, hat man erst in der letzten Zeit angefangen die Korrelationserscheinungen eingehend zu studieren. Dieses Studium ist demzufolge noch nicht so weit gediehen, dass man den richtigen Begriff der Korrelation und die Methode der Untersuchung derselben als allgemein bekannt annehmen darf. Aus diesem Grunde werde ich, bevor ich die Korrelation einiger Merkmale der Flachspflanze bespreche, das Wesen der Korrelation und die Methode, mittels welcher man dieselbe studiert, behandeln. Ich werde dabei meine eigenen Ansichten über diesen Gegenstand mitteilen; dieselben schliessen sich aber der Hauptsache nach denjenigen an, welche DAVENPORT [1]) und DUNCKER [2]) in ihren Werken über die Methoden der variations-statistischen Untersuchungen aüssern.

Der Zusammenhang zwischen zwei Merkmalen kann zweierlei sein. Derselbe kann derart sein, dass die Entwicklung des einen Merkmals von der Anwesenheit oder von der Entwicklung des anderen abhängig ist, in einer solchen Weise, dass durch eine Abänderung oder das Entfernen eines Organs ein anderes in seiner Entwicklung gehemmt, verhindert oder begünstigt wird. So bleiben z. B. durch das Entfernen der Blätter in einem sehr frühen Stadium die Internodien des Jahrestriebes kurz, oder durch die Unterdrückung

[1]) G. B. DAVENPORT, Statistical Methods, 1904, S. 42.

[2]) G. DUNCKER, Die Methode der Variationsstatistik, 1899, S. 41.

der Knollenbildung bei der Kartoffel wird die Bildung beblätterter Sprosse und Blüten befördert. Dergleiche vielfach studierten Korrelationserscheinungen, bei welchen die Organe oder Merkmale in einer direkten kausalen Beziehung zueinander stehen, so dass die Abänderung des einen Merkmals die Ursache der des anderen ist, werden von DUNCKER [1]) und SHULL [2]) als direkte (immediate) Korrelation bezeichnet. Demgegenüber stellen sie die indirekte (mediate) Korrelation, bei welcher die nämliche Ursache, welche eine Abänderung des einen Merkmals bedingt zugleich auch, unabhängig von diesem Merkmale selbst, eine Abänderung des zweiten hervorruft; wie z. B. die Länge und zugleich die Breite eines Blattes von Nahrungsverhältnissen oder von anderen Faktoren beeinflusst werden können. In beiden Fällen wird aber, und das sei hier, um Missverständnisse vorzubeugen, gleich hervorgehoben, in der Literatur jede Ursache, welche eine Korrelation hervorruft als *gemeinschaftliche Ursache* bezeichnet, es sei denn, dass dieselbe auf direktem oder auf indirektem Wege wirkt.

Beide Korrelationserscheinungen können jede für sich oder auch zugleich auftreten, das letztere nämlich, wenn ein Teil der Ursachen auf beide Merkmale unmittelbar wirkt, ein anderer Teil dagegen auf das eine Merkmal einen direkten Einfluss ausübt, auf das andere aber einen indirekten, nur infolge der Wirkung auf das erstere.

Obgleich es mehrere Fälle gibt, in denen es nicht zweifelhaft ist, ob es sich um eine direkte oder um eine indirekte Korrelation handelt, so ist dennoch bei sehr vielen Korrelationserscheinungen das Verhalten der Merkmale den Ursachen gegenüber nicht völlig oder gar nicht bekannt. Unsere Kenntnis der Beziehungen, welche zwischen den Merkmalen bestehen, ist zur Zeit oft noch so gering, dass wir nicht wissen in welcher Weise die miteinander zusammenhangenden Merkmale von den darauf wirkenden Ursachen beeinflusst werden. Demzufolge ist für weitaus die meisten Korrelationserscheinungen bis jetzt noch nicht zu entscheiden, ob die Korrelation eine direkte, eine indirekte oder beide zugleich ist.

So liegt die Sache auch bei den Korrelationserscheinungen, welche ich in diesem Kapitel behandeln werde, das heisst bei den Beziehungen zwischen der Länge und der Dicke des Flachsstengels, zwischen der Länge des Stengels und der Anzahl der Früchte und zwischen der Dicke des Stengels und der Anzahl der Früchte. Einerseits liegt es auf der Hand, dass viele

---

[1]) G DUNCKER, l.c. S. 41.

[2]) G. H. SHULL, Place-constants for *Aster prenanthoides*. Bot. Gazette, 38, 1904, S. 370.

Faktoren auf beide Merkmale zugleich einen Einfluss ausüben werden; man kann sich z. B. vorstellen, dass Nahrungsverhältnisse unmittelbar die Länge und die Dicke des Stengels beide beeinflussen. Anderseits aber ist es durchaus nicht ausgeschlossen, dass nur infolge der Wirkung einer Ursache auf die Länge des Stengels die Dicke desselben abgeändert wird oder umgekehrt. Das Verhalten dieser beiden Merkmale den Ursachen gegenüber ist aber nicht genügend bekannt. Etwas deutlicher tritt der Zusammenhang zwischen der Stengeldicke und der Anzahl der Früchte hervor. Die Anzahl der Früchte ist von der Anzahl der Verästelungen abhängig. Es liegt nun auf der Hand, dass an einem dicken Stengel leichter Seitenäste gebildet werden als an einem dünnen und dass die Bildung von mehr oder weniger Seitenäste also eine direkte Folge der grösseren oder geringeren Dicke des Stengels sein kann. Es kann somit zwischen beiden Merkmalen eine direkte Korrelation bestehen. Wahrscheinlich sind aber jedenfalls noch dazu Ursachen vorhanden, welche auf beide Merkmale zugleich wirken. Im allgemeinen ist aber die Weise, in welcher die Ursachen die obengenannten Merkmalspaare des Flachsstengels beeinflussen, noch unbekannt und ich kann die zwischen je zwei dieser Merkmale vorhandenen Beziehungen deshalb weder als direkte noch als indirekte Korrelationen bezeichnen. Ich wollte aber nicht unterlassen die Aufmerksamkeit auf diese zwei Arten von Korrelationserscheinungen zu lenken, weil das Studium derselben unsere Kenntnis der Beziehungen der Merkmale zueinander sehr wesentlich fördern kann.

Aus dem Gesagten geht hervor, dass man sich vorläufig bei der Untersuchung der Korrelationserscheinungen ganz auf empirischen Standpunkt stellen muss und so wird denn auch jetzt allgemein bei statistischen Untersuchungen die Frage, ob die Korrelation eine direkte oder eine indirekte sei, vollkommen beiseite gelassen. Es handelt sich in solchen Fällen nur darum, den Grad des Zusammenhanges zweier Merkmale rein empirisch zu bestimmen. Aus einer dergleichen Untersuchung der Beziehung, welche zwischen den Merkmalen besteht, ist es dann möglich einiges abzuleiten über das Verhältnis zwischen den auf zwei Merkmale gemeinschaftlich wirkenden, also eine Korrelation bedingenden Ursachen und denjenigen Ursachen, welche nur eins der beiden Merkmale, ganz unabhängig vom anderen Merkmal, beeinflussen und welche somit mit Korrelationen nichts zu schaffen haben. Wie schon oben hervorgehoben wurde, versteht man unter gemeinschaftliche Ursachen alle diejenigen, welche Korrelationen bedingen, unabhängig von der Frage, ob die Korrelation eine direkte oder eine indirekte ist. Die ge-

meinschaftlichen Ursachen können also ebensogut zugleich jedes Merkmal für sich beeinflussen wie auch, nur auf eines der beiden Merkmale direkt abändernd einwirkend, durch diese Abänderung mit dem anderen Merkmal in kausalem Zusammenhang stehen. Ich werde die Bezeichnung, gemeinschaftliche Ursachen, bei den Erscheinungen der Korrelationsintensität in diesem Sinne anwenden.

Werden zwei Merkmale von vielen gemeinschaftlichen Ursachen, welche Abänderungen in denselben bedingen, beeinflusst, so weisen dieselben einen engen Zusammenhang auf. Treten dagegen die auf beide Merkmale gemeinschaftlich wirkenden Ursachen den nur ein einziges Merkmal beeinflussenden gegenüber stark zurück, so ist nur eine geringe Korrelation bemerkbar. Und werden die Merkmale von keiner einzigen gemeinschaftlichen Ursache beeinflusst, so ist gar kein Zusammenhang zwischen denselben aufzufinden.

Die Korrelation zwischen zwei Merkmalen kann bestimmt werden, wenn man eine grosse Anzahl von Individuen untersucht, welche zusammen ein getreues Bild geben von der Variation, welche die Merkmale zeigen. Diese Anzahl soll wenigstens ebensogross sein wie diejenige, welche zum Studium der Variation der Merkmale, im vorigen Kapitel beschrieben, nötig ist.

Der Zusammenhang zwischen zwei Merkmalen wird sichtbar werden, wenn man die Individuen aufeinanderfolgend dem einen Merkmal nach anordnet. Sind sie dann zugleich aufeinanderfolgend, entweder zu- oder abnehmend, dem anderen Merkmal nach angeordnet, so ergibt sich daraus, dass zwischen beiden Merkmalen ein gewisser Zusammenhang besteht. Und es ist deutlich, dass je mehr nun die Individuen, wenn sie dem einen Merkmal nach angeordnet sind, in der Anordnung nach dem anderen ein unregelmässiges Verhalten zeigen, der Zusammenhang beider geringer ist.

Den Zusammenhang nun, der auf diese Weise zutage tritt, werde ich als *Reihenkorrelation* bezeichnen, weil diese Unterscheidung die nun folgenden Auseinandersetzungen verdeutlichen wird. Dieselbe kann also vollkommen oder unvolkommen sein, oder ganz fehlen. Werden bei fehlender Reihenkorrelation die Individuen dem einen Merkmal nach aufeinanderfolgend angeordnet, so zeigen sie in Beziehung zum anderen nicht die geringste Spur einer stetigen Zu- oder Abnahme. Die verschiedenen Varianten dieses letzteren Merkmals liegen dann im Gegenteil ohne jede Spur von Ordnung oder Regelmass durch einander zerstreut.

Man kann aber auch weiter gehen als in dem oben beschriebenen Beispiele und nicht nur im allgemeinen fragen, ob mit einer Zunahme des einen Merkmals auch das andere Merkmal zunimmt, sondern auch der Grösse der

Zunahme Rechnung tragen. Die Reihe von nach einem Merkmal aufeinanderfolgend angeordneten Individuen entlang, nimmt die Abweichung vom medianen Wert dieses Merkmals, welche jedes Individuum zeigt, anfangs ab, wird beim Individuum, welches den medianen Wert besitzt, null und wird dann wieder grösser. Auch für das andere Merkmal zeigt jedes Individuum eine gewisse Abweichung vom medianen Wert jenes Merkmals. Es kann nun die Frage sein, ob sich zwischen den Grössen der Abweichungen von den medianen Werten beider Merkmale ein Zusammenhang erkennen lässt, somit ob zwischen der Variation beider Merkmale eine gewisse Beziehung besteht. Diese *Korrelation der Variation* kann selbstverständlich nur auftreten in denjenigen Fällen, in welchen eine mehr oder weniger vollkommener Reihenkorrelation vorhanden ist. Fehlt letztere ganz, so kann auch von einer Korrelation der Variation nicht die Rede sein.

Es ist gerade diese Korrelation der Variation zweier Merkmale, oft auch kurz die Korrelation der Merkmale genannt, über welche die statistischen Arbeiten der letzten Zeit meistens handeln.

Die Variationen zweier Merkmale nun können ganz unabhängig voneinander vor sich gehen, weil sie keiner einzigen gemeinschaftlichen Ursache unterliegen. Es ist dann gar keine Korrelation der Variation vorhanden. Es kann aber auch zwischen beider Variationen ein mehr oder weniger enger Zusammenhang bestehen. Im günstigsten Fall, das heisst in demjenigen, in welchem die Variation beider Merkmale nur von gemeinschaftlichen Ursachen bedingt wird, ist der Zusammenhang der Variationen derart, dass mit einer gewissen Abweichung vom medianen Wert des einen Merkmals stets eine verhältnismässig ebensogrosse Abweichung vom medianen Wert des anderen Merkmals Hand in Hand geht. Die Korrelation der Variation ist dann, wie man es nennt, vollkommen. Dieser Fall kann nur unter der Bedingung vorkommen, dass auch die Reihenkorrelation eine vollkommene ist und die Individuen also beiden Merkmalen nach, zugleich aufeinanderfolgend angeordnet werden können.

Werden die Variationen beider Merkmale nur teilweise von gemeinschaftlichen Ursachen bedingt und gibt es somit für die Variation jedes Merkmals noch eine oder mehrere einzelnen Ursachen, so besteht zwar ein Zusammenhang zwischen beiden, aber diese Korrelation der Variation ist eine unvollkommene, die Abweichungen vom medianen Wert beider Merkmale sind dann nicht relativ gleich gross.

Wir ersehen also, dass die Korrelation der Variation eine vollkommene, oder eine unvollkommene sein, oder ganz fehlen kann. Im ersteren Fall ist

auch die Reihenkorrelation eine vollkommene, bei unvollkommener Korrelation der Variation kann die Reihenkorrelation vollkommen oder unvollkommen sein, aber nicht ganz fehlen.

Wie verhalten sich nun die Kurven der beiden Merkmale in diesen verschiedenen Fällen der Korrelation der Variation? Wenn wir die Form zweier Kurven miteinander vergleichen, sind nur zwei Fälle möglich; die Kurven decken sich oder decken sich nicht. Im letzteren Falle aber kann die Form der beiden Kurven sowohl eine sehr verschiedene sein wie eine geringere oder grössere Übereinstimmung zeigen. Haben die beiden Kurven ungefähr die nämliche Gestalt, dann ist die Art des Variierens beider Merkmale ebenfalls ungefähr dieselbe, denn bei sich deckenden Kurven variieren die Merkmale in genau derselben Weise. Sind aber die Kurven sehr verschieden gestaltet, dann ist die Variation der beiden Merkmale auch eine sehr verschiedene. Es wird nun deutlich sein, dass bei vollkommener Korrelation der Variation, wenn, wie wir oben sahen, ebenfalls die Reihenkorrelation eine vollkommene ist, die Art des Variierens beider Merkmale dieselbe sein muss und die Kurven sich decken werden, wenn die Individuen für beide Merkmale zugleich aufeinanderfolgend angeordnet werden können. Geht mit einer Zunahme für das eine Merkmal dagegen eine Abnahme für das andere Hand in Hand, so ist bei vollkommener Korrelation der Variation die eine Kurve der anderen Spiegelbild. Umgekehrt geht mit dem sich Decken der beiden Kurven nicht immer eine vollkommene Korrelation der Variation gepaart. Zwischen zwei Merkmalen mit sich deckenden Kurven kann eine mehr oder weniger unvollkommene Reihenkorrelation bestehen und dann zeigen die Merkmale also alle Grade von vollkommener bis unvollkommener Korrelation der Variation, ja es können sogar die Merkmale vollständig gleichgestaltete Kurven aufweisen, ohne dass zwischen beiden auch nur die geringste Reihenkorrelation besteht; in diesem Falle fehlt auch die Korrelation der Variation. Decken die Kurven sich nicht, so ist selbst bei vollkommener Reihenkorrelation, die Korrelation der Variation eine unvollkommene und es hängt dann von der geringeren oder grösseren Übereinstimmung in der Form der beiden Kurven ab, welcher Grad von unvollkommener bis vollkommener Korrelation der Variation besteht. Ist bei sich nicht deckenden Kurven die Reihenkorrelation eine unvollkommene, so braucht die Korrelation der Variation nicht ganz zu fehlen, sondern kann eine unvollkommene in verschiedenen Graden sein.

Aus Obengesagtem geht also hervor, dass die vollkommene Korrelation der Variation nur bei sich deckenden Kurven oder bei solchen, wo die eine der

anderen Spiegelbild ist, auftreten kann, und die unvollkommene Korrelation der Variation bei sich deckenden und bei sich nicht deckenden; während die vollkommene Reihenkorrelation kombiniert sein kann sowohl mit sich deckenden wie mit sich nicht deckenden Kurven. Zum leichteren Verständnis werde ich nun im Anschluss an das oben Mitgeteilte eine Übersicht geben von den verschiedenen Fällen der Korrelation der Variation, welche überhaupt vorkommen können. Es gibt:

Vollkommene Korrelation der Variation.

Die Reihenkorrelation ist vollkommen.
Die Kurven decken sich 1

Unvollkommene Korrelation der Variation.

Die Reihenkorrelation ist vollkommen.
Die Kurven decken sich nicht. 2

Die Reihenkorrelation ist unvollkommen.
Die Kurven decken sich. 3
Die Kurven decken sich nicht. 4

Fehlende Korrelation der Variation.

Die Reihenkorrelation ist unvollkommen.
Die Kurven decken sich. 5
Die Kurven decken sich nicht. 6

Die Reihenkorrelation fehlt.
Die Kurven decken sich. 7
Die Kurven decken sich nicht. 8

Von diesen verschiedenen Fällen der Korrelation der Variation kennt man, so viel ich weiss, bis jetzt nur Beispiele von der vollkommenen Korrelation der Variation, 1, von der mit 4 angedeuteten, unvollkommenen Korrelation, bei welcher die Reihenkorrelation unvollkommen ist und die Kurven sich nicht decken, und von der mit 7 und 8 angedeuteten, fehlenden Korrelation, bei welchen die Reihenkorrelation fehlt und die Kurven sich entweder decken oder nicht. Der erste dieser vier Fälle, die vollkommene Korre-

lation der Variation ist äusserst selten; selbst bei homologen Organen ist die Korrelation fast niemals vollkommen. Bei Untersuchungen über Korrelationserscheinungen findet man am meisten den 4. Fall; die unvollkommene Korrelation der Variation, gepaart mit unvollkommener Reihenkorrelation und sich nicht deckenden Kurven.

Am besten erhält man eine Einsicht in die Erscheinung der Korrelation der Variaton zweier Merkmale mit Hilfe einer Korrelationstafel. Derartige Tafeln wurden schon von GALTON zusammengestellt und sind jetzt beim statistischen Studium der Korrelation allgemein gebräuchlich.

			46 51	51 56	56 61	61 66	66 71	71 76	76 81	81 86	86 91	91 96	96 101	cm	
		Deu_L	-27.4	-22.4	-17.4	-12.4	-7.4	-2.4	2.6	7.6	12.6	17.6	22.6	cm	
	Deu_D														
0.41 0.51	-0.45		1		2	1									4
0.51 0.61	-0.35		3	3	5	4	2	1							18
0.61 0.71	-0.25			1		6	14	6							27
0.71 0.81	-0.15				6	12	12	12	9	1					52
0.81 0.91	-0.05				3	5	4	9	16	10	1				48
0.91 1.01	0.05				2	4	4	7	10	17	5				49
1.01 1.11	0.15				1		4	7	13	4	7	1			37
1.11 1.21	0.25						3	6	8	8	5	4	1		35
1.21 1.31	0.35						1		3	3	3	3	3		16
1.31 1.41	0.45								1	5	2	2	1		11
1.41 1.51	0.55														
1.51 1.61	0.65											2			2
1.61 1.71	0.75														
1.71 1.81	0.85														
1.81 1.91	0.95									1					1
mm	mm														
			4	4	19	32	44	48	60	49	23	12	5		300

1. Korrelationstafel der Stengellänge und der Stengeldicke der dichtstehenden Kultur auf fettem Boden.

Ich werde hier eine Tafel, welche sich auf die Merkmale der Flachspflanze bezieht, als Beispiel anführen. Dieselbe stellt die Korrelation der Länge und Dicke des Flachsstengels dar. In derselben sind die Varianten ihren Zahlenwerten nach, für beide Merkmale zugleich, derart angeordnet, dass für jede Variante der Wert der Stengellänge in der

oberen, horizontalen Reihe, derjenige der Stengeldicke des nämlichen Individuums in der aüssersten linken, vertikalen Reihe abgelesen werden kann. Die in der Mitte der Tafel, im Korrelationsfeld, verzeichneten Zahlen deuten an wie oft die Kombination der am Kopf der Tafel angegebenen Länge mit der an der linken Seite angedeuteten Dicke beobachtet worden ist, sie geben also die Frequenzen der Kombinationen an. Die betreffenden Längen und Dicken sind in Intervallen angegeben. Diese Intervalle sind für jedes Merkmal derart gewählt, dass eine der Grenzen zwischen den aufeinanderfolgenden Intervallen möglichst genau mit der Mediane übereinstimmt. Weil aber die medianen Werte oft durch Interpolation berechnet sind, entsprechen dieselben nicht stets genau einer Grenze zwischen den Intervallen. Im vorliegenden Beispiel ist die Mediane der Länge 75,9 cm, die Beobachtungen sind aber bis auf 1 cm genau und deshalb sind die beiderseits der Mediane am nächsten liegenden Intervalle 71—76 cm und 76—81 cm. Die Abweichungen vom medianen Wert derjenigen Individuen, welche eine Stengellänge von 71—76 cm haben, sind nun nicht im Durchschnitt — 2,5 cm, wie der Fall sein würde, wenn die Mediane 76 cm wäre und somit mit der Grenze zwischen zwei Intervallen genau zusammenfiele, sondern — 2,4 cm, und aus demselben Grund sind die Abweichungen für die Individuen mit einer Länge von 76—81 cm nicht 2,5 cm, sondern 2,6 cm.

Die sich senkrecht kreuzenden, fetteren Linien der Tafel deuten die Lage der Medianen der beiden Merkmale möglichst genau an. Die Abweichungen vom medianen Wert finden sich, mit Dev. angedeutet, für das eine Merkmal in der zweiten, horizontalen Reihe am Kopf der Tafel, die negativen Abweichungen links von der vertikalen Medianlinie, die positiven rechts von derselben. Und ebenso sind in der zweiten linken, vertikalen Spalte die Abweichungen vom medianen Wert für das andere Merkmal angegeben, über der horizontalen Medianlinie die negativen, unter derselben die positiven. Die im linken, oberen Quadrant des Korrelationsfeldes angedeuteten Individuen zeigen also für beide Merkmale negative Abweichung, diejenigen im rechten, unteren Quadrant für beide Merkmale positive, während die Abweichungen der in den zwei übrigen Quadranten angedeuteten Individuen für das eine Merkmal positiv für das andere negativ sind.

Fallen die Mediane und die Grenze eines Intervalles genau zusammen, so müssen in der Korrelationstafel beiderseits der Medianlinie eine gleich grosse Anzahl von Frequenzen vorkommen, stimmt die Mediane aber nicht

genau mit einer Grenze überein, so wird die Anzahl zur rechten und zur linken Seite oder über und unter der Medianlinie ein wenig auseinander gehen.

Die untere, horizontale Reihe enthält die Frequenzen für jedes Intervall der Länge, während die Frequenzen für jedes Intervall der Dicke sich in der rechten, vertikalen Spalte finden. Aus diesen Reihen können also die Variationskurven für die betreffenden Merkmale konstruiert werden.

Die 300 Flachsstengel, aus deren Länge und Dicke diese Korrelationstafel zusammengesetzt ist, sind die nämlichen wie die, welche für die Beobachtungen des vorigen Kapitels gebraucht wurden. Die in der Tafel VI im oberen Teil der Figuren 1 und 3, mit ununterbrochener Linie abgebildeten Kurven beziehen sich somit auch auf die hier angedeuteten Individuen. Es sind aber die Intervalle in der Korrelationstafel anders gewählt als bei der Konstruktion der Kurven.

Die Art der Distribution der Frequenzen in solchen Tafeln lehrt nun einigermassen den Grad der Korrelation der Variation kennen. Das Folgende wird dies deutlich machen. Ich werde dabei nur die Resultate der mathematischen Betrachtungen mitteilen, ohne auf den Beweis derselben einzugehen. Bei voneinander unabhängiger Variation, also bei fehlender Korrelation ist die Anzahl der Frequenzen zur rechten und zur linken Seite der Medianlinie in jeder horizontalen Reihe, und über und unter der Medianlinie in jeder vertikalen Reihe die nämliche. Demzufolge ist die Anzahl der Frequenzen in allen vier Quadranten ebenfalls eine gleich grosse. Dazu sind bei fehlender Korrelation die Frequenzen über jede Reihe in einer bestimmten regelmässigen Weise verteilt, derart, dass die Frequenzen jeder Reihe für sich die Variationskurve des Merkmals aufweisen. Es sind also in diesem Falle die Individuen über das ganze Korrelationsfeld regelmässig verteilt.

Bei vollkommener Korrelation liegen die Frequenzen in einer einzigen diagonal verlaufenden Reihe von oben links durch den Durchschnittspunkt der Medianlinien bis unten rechts, und der linke, untere und der rechte, obere Quadrant enthalten dann gar keine Frequenzen; oder die Frequenzen sind zu einer diagonalen Reihe von oben rechts nach unten links angeordnet, indem dann im linken, oberen und rechten, unteren Quadrant keine Frequenzen vorkommen. Ersteres ist der Fall, wenn die Individuen zugleich, beiden Merkmalen nach, eine Zunahme zeigen, letzteres, wenn diejenigen Individuen, welche die Maximumwerte des einen Merkmals aufweisen, gerade die Minimumwerte des anderen zeigen und umgekehrt, wenn also in der Individuenreihe mit einer Zunahme des einen Merkmals eine Abnahme des

anderen Hand in Hand geht und die eine Kurve der anderen Spiegelbild ist.

Zwischen den extremen Fällen, dass die Frequenzen zu einer einzigen diagonalen Reihe angeordnet oder regelmässig über das ganze Feld verteilt sind, finden sich alle Fälle unvollkommener Korrelation. Ist die Anzahl der Intervalle beider Merkmale ungefähr eine gleich grosse, so ist bei unvollkommener Korrelation die von den Frequenzen bedeckte Fläche eine Ellipse, deren längste Achse mit einer der beiden Diagonallinien der Tafel zusammenfällt. Je grösser nun die Korrelation ist, um so mehr sind die Frequenzen um eine der Diagonalen angehäuft und um so schmäler ist die Ellipse, indem dieselbe, wie gesagt, bei vollkommener Korrelation in eine diagonale Reihe übergeht. Je geringer die Korrelation ist, um so mehr treten die Frequenzen auch in den beiden anderen Quadranten auf und um so breiter ist die Ellipse. Hieraus ergibt sich, dass man aus der Distribution der Frequenzen über das Korrelationsfeld einigermassen auf den Grad der Korrelation der beiden Merkmale schliessen kann, während die fehlende und die vollkommene Korrelation sogleich mit Hilfe der Tafel zu erkennen sind.

Das Obengesagte bezieht sich auf diejenigen Fällen, in welchen die Korrelation der Variation bei den verschiedenen Gruppen von Individuen die nämliche ist. Ist dem nicht so, und die Korrelation partiell verschieden, so wird das dennoch ebenfalls aus der Tafel hervorgehen. Ist die Korrelation bei den Individuen, welche in überwiegender Anzahl die Minimumwerte der Merkmale aufweisen, ebensogross wie bei denjenigen Individuen, welche hauptsächlich die medianen oder die Maximumwerte vergegenwärtigen, so ist die Distribution der Frequenzen um die Diagonale eine regelmässige und dieselben bilden eine schmälere oder breitere Ellipse. Ist dagegen der Grad der Korrelation ein partiell verschiedener, so wird dieses, wenn der Unterschied einigermassen bedeutend ist, in der Tafel sichtbar sein. Die Frequenzen sind dann in dem einen Teil des Korrelationsfeldes merkbar mehr oder weniger in der Nähe der Diagonale angehäuft als im anderen Teil und die von den Frequenzen bedeckte Fläche ist dann keine Ellipse, sondern eine mehr oder weniger unregelmässige Figur. Eine dergleiche, in den verschiedenen Gruppen partiell ungleich grosse Korrelation deutet darauf hin, dass das Verhältnis der gemeinschaftlichen Ursachen und der nur auf die Variation eines einzigen Merkmals wirkenden nicht bei allen Individuengruppen das nämliche ist. Sind z. B. in der Tafel die Frequenzen der geringeren Werte in der Nähe der Diagonale im oberen, linken Quadrant angehäuft, die übrigen dagegen über den unteren, rechten Quadrant merkbar mehr verbreitet, so

beweist dieses, dass bei den Minimumvarianten die den beiden Merkmalen gemeinschaftlichen Ursachen überwiegen, während bei den Maximumvarianten entweder neue, nur eines der beiden Merkmale beeinflussende Ursachen, welche die Variation bedingen, hinzugetreten sind, oder die Wirkung der gemeinschaftlichen Ursachen derjenigen der nur auf ein Merkmal wirkenden gegenüber verkleinert ist.

Es geht hieraus hervor, wie grosse Bedeutung die Tafeln beim Studium der Korrelationserscheinungen haben. Aber dennoch kann bei Untersuchungen über die Grösse der Korrelation verschiedener Paare von Merkmalen die Vergleichung der Tafeln nur einigermassen eine Andeutung von der Grösse der vorhandenen Unterschiede geben. Zur genaueren Kenntnis derselben muss die Grösse der Korrelation für jedes Merkmalspaar mit Hilfe der Tafeln zahlenmässig bestimmt werden. Durch Berechnung kann man aus den in der Tafel verzeichneten Angaben eine Zahl erhalten, welche die Korrelationsintensität ausdrückt und welche *Korrelationskoeffizient*, r, genannt wird.

Beim Studium der Korrelationserscheinungen sind verschiedene Methoden zur Bestimmung eines Korrelationskoeffizienten angegeben worden, so z. B. von GALTON [1]), VERSCHAFFELT [2]), und PEARSON [3]). Die Methode von GALTON ist wenig genau, indem bei der von VERSCHAFFELT vorgeschlagenen Methode nicht die Korrelation der Variation in dem Sinne, wie ich dieselbe oben definierte, bestimmt wird. Ich kann aber auf diese Methoden hier nicht näher eingehen.

Der beste Weg, der zur Bestimmung des Korrelationskoeffizienten der Variation zweier Merkmale führt, ist die Anwendung der BRAVAISschen Formel, wie dies zuerst von PEARSON für die Korrelation zweier Merkmale, welche symmetrische Kurven aufweisen, vorgeschlagen wurde. Diese Formel ist aber nach den Berechnungen YULES [4]) ebenfalls für die Korrelation der Merkmale mit asymmetrischen Kurven gültig. Im Anschluss hieran wird von DUNCKER [5])

---

[1]) F. GALTON, Co-relations and their Measurement, chiefly from Anthropometric Data. Proc. Roy. Soc. London, Vol. XLV, S. 135.

[2]) ED. VERSCHAFFELT, Correlatieve variatie bij planten. Bot. Jaarb. Dodonaea, Jaarg. 8, 1896, S. 92.

[3]) K. PEARSON, Mathematical Contributions to the Theory of Evolution. Philos. Transact. Roy. Soc. London, A, Vol. 187, 1897, S. 253.

[4]) G. U. YULE, On the Significance of BRAVAIS' Formulae for Regression, etc., in the case of Skew Correlation. Proc. Roy. Soc. London, Vol. LX, 1897, S. 477 und: On the Theory of Correlation. Journ. of the Roy. Statistic. Soc. Vol. 60, 1897, S. 812.

[5]) G. DUNCKER, l. c.

und DAVENPORT [1]) in ihren Arbeiten über variations-statistische Methoden die Anwendung der BRAVAISschen Formel als die meist genaue empfohlen.

Bei meinen Studien über Korrelationserscheinungen habe ich ebenfalls dieser Methode gefolgt, aber mit einer kleinen Abänderung, welche aus folgendem Grunde notwendig ist. Von PEARSON, YULE, DUNCKER und DAVENPORT wird bei der mathematischen Behandlung der Variationskurven und bei der Berechnung der Variationskorrelation der arithmetische Mittelwert (Mean) gebraucht. Aus Gründen, welche ich schon im dritten Kapitel erörterte, habe ich statt dieses Wertes stets die Mediane angewendet und werde ich in Übereinstimmung damit auch den Grad der Korrelation zweier Merkmale in Beziehung zu den medianen Werten derselben berechnen. Weil nun aber der Korrelationskoeffizient mittels der BRAVAISschen Formel aus den Abweichungen (Deviationen) vom arithmetischen Mittelwert berechnet wird, muss die Formel, damit dieselbe für Korrelationsberechnungen in Beziehung zur Mediane angewendet werden kann, ein wenig abgeändert werden. Die abgeänderte Formel lautet:

$$r = \frac{\Sigma (Dev_1\, Dev_2) - nab}{\sqrt{\Sigma (Dev_1)^2\, \Sigma (Dev_2)^2} - nab}$$

wobei Dev_1 und Dev_2 die Abweichungen vom medianen Wert des ersten und des zweiten Merkmals, a der Unterschied zwischen dem medianen Wert und dem arithmetischen Mittelwert des ersten Merkmals, b der Unterschied zwischen diesen beiden Werten des zweiten Merkmals und n die Anzahl der untersuchten Individuen bedeuten.

Die mathematische Ableitung dieser Formel aus der BRAVAISschen verdanke ich Herrn Prof. J. C. KAPTEYN, dem ich an dieser Stelle für seine liebenswürdige Hilfe bestens danke.

In den Fällen, wo ein Merkmal oder auch beide Merkmale symmetrische Kurven aufweisen und somit der arithmetische Mittelwert und die Mediane zusammenfallen, werden a oder b oder auch beide gleich null und die Formel geht dann über in die ursprüngliche Formel von BRAVAIS:

$$r = \frac{\Sigma (Dev_1\, Dev_2)}{\sqrt{\Sigma (Dev_1)^2\, \Sigma (Dev_2)^2}}$$

In der Natur gibt es aber nur äusserst wenig Fälle, wo die Variation

---

[1]) C. B. DAVENPORT, l. c.

eines Merkmals völlig symmetrisch ist, oder in so geringem Grade asymmetrisch, dass der arithmetische Mittelwert und die Mediane nur sehr unbedeutend auseinander gehen. Meistens ist die Asymmetrie der Kurve deutlich ausgeprägt. Bei meinen Bestimmungen des Korrelationskoeffizienten habe ich denn auch bis jetzt stets die abgeänderte Formel anwenden müssen. Diese Formel zeigt, dass man zur Berechnung des Korrelationskoeffizienten für jedes Individuum die Abweichungen von den Medianen beider Merkmale kennen muss. Diese Abweichungen sind in der Korrelationstafel angegeben und es geht die Berechnung des Korrelationskoeffizienten mit Hilfe solcher Tafeln leicht vor sich. Es ist dazu nur noch notwendig das arithmetische Mittel der Merkmale zu kennen.

Die erhaltene Zahl, der Korrelationskoeffizient, r, deutet den Grad der Variationskorrelation aller Individuen zusammen im Durchschnitt an. Wie gross aber die Korrelation in den verschiedenen Teilen des Variationsgebietes beider Merkmale ist, ob die Korrelation überall eine gleich grosse ist, oder in verschiedenen Gruppen von Individuen eine verschiedene, geht aus dem Korrelationskoeffizienten nicht hervor. Darüber können, wie ich oben mitteilte, die Korrelationstafeln einigen Aufschluss geben, oder es müssen die Korrelationskoeffiziente mehrerer Gruppen berechnet werden. Das letztere würde das am meisten eingehende Studium der Korrelation der Variation zweier Merkmale darstellen. Dazu ist aber eine sehr grosse Anzahl von Beobachtungen erforderlich. Im vorliegenden habe ich mich deshalb auf die Berechnung des durchschnittlichen Korrelationskoeffizienten beschränkt.

Bei fehlender Korrelation, wenn die Frequenzen in der oben beschriebenen, regelmässigen Weise über das Korrelationsfeld verteilt sind, ist der Korrelationskoeffizient $r = 0$, es sei, dass die Merkmale beide symmetrische oder beide asymmetrische Kurven aufweisen oder dass das eine symmetrisch und das andere asymmetrisch variiert.

Bei vollkommener Korrelation, wenn die Frequenzen zu einer der diagonalen Reihen der Tafel angeordnet sind, ist der Korrelationskoeffizient, $r = \pm 1$. Der Koeffizient ist $+ 1$, wenn die Individuen zugleich nach beiden Merkmalen zunehmen und in der Tafel die diagonale Reihe von links, oben nach rechts, unten bilden. Der Koeffizient ist $- 1$, wenn die Individuen für das eine Merkmal aufeinanderfolgend angeordnet eine Zunahme, dann aber für das andere eine Abnahme aufweisen und die Tafel eine diagonale Reihe von oben, rechts nach unten, links zeigt. In allen Fällen unvollkommener Korrelation ergibt die Berechnung für den Korrelationskoeffizient einen zwischen 0 und ± 1 liegenden Wert und dieser Bruch deutet den Grad der

Korrelation an. Je grösser die Korrelation der Variation ist, um so mehr nähert der Korrelationskoeffizient sich dem Wert ± 1.

Wichtig ist es nun, dass die für verschiedene Paare von Merkmalen oder für zwei Merkmale unter verschiedenen Bedingungen erhaltenen Koeffiziente miteinander verglichen werden können und dass es dadurch möglich ist den Zusammenhang der Merkmale besser kennen zu lernen.

§ 1. Die Korrelation der Länge und Dicke des Stengels.

In seiner Abhandlung über den russischen Leinsorten weist SCHINDLER [1]) auf die grosse Bedeutung hin, welche das Studium der gegenseitigen Beziehungen der Organe und der Merkmale der Leinpflanze für die Praxis haben kann. Er selbst stellte die ersten Untersuchungen in dieser Richtung an und studierte den Zusammenhang, welcher zwischen der Länge und der Dicke des Stengels und der Anzahl der Früchte besteht, durch Messungen und Zählungen an 60 Individuen einer Kultur. Er fand, dass in dieser Kultur mit der Länge des Stengels auch die Dicke desselben und die Anzahl der Früchte im allgemeinen zunahm. SCHINDLER fand also den, wenigstens in den Niederlanden, in der Praxis allgemein bekannten Satz, dass die längsten Stengel die dicksten und die am meisten verästelten sind, bestätigt. Ein mehr eingehendes Studium der Korrelation dieser Merkmale fehlt aber bis jetzt und deshalb habe ich diese Erscheinung näher untersucht.

Ich werde nun zuerst die Korrelation der totalen Stengellänge und der Stengeldicke in halber Höhe besprechen. Ich habe die Korrelation dieser Merkmale bei Pflanzen verschiedener Kulturen studiert; nämlich bei den bereits früher genannten dicht- und weitstehenden Kulturen, auf fettem und auf magerem Boden, im botanischen Garten und beim Flachs von den Äckern in Sappemeer und in Usquert. Die Anzahl der Beobachtungen ist in einigen Fällen nur gering, geringer als bei Untersuchungen über Korrelationserscheinungen im allgemeinen wünschenswert ist. Ich wollte aber nicht unterlassen auch diese Fälle hinzuzufügen, weil sie dennoch einiges über die Korrelation beider Merkmale lehren.

Im folgenden finden sich die Korrelationstafeln dieser sechs Kulturen. In allen Tafeln sind die Intervalle und Abweichungen der Stengellänge in den oberen, horizontalen, die der Stengeldicke in den linken, vertikalen Reihen verzeichnet.

---

[1]) F. SCHINDLER, l. c. S. 168.

			46 51	51 56	56 61	61 66	66 71	71 76	76 81	81 86	86 91	91 96	96 101	cm	
		Dev_L	-27.4	-22.4	-17.4	-12.4	-7.4	-2.4	2.6	7.6	12.6	17.6	22.6	cm	
	Dev_D														
0.41 0.51	-0.45		1		2	1									4
0.51 0.61	-0.35		3	3	5	4	2	1							18
0.61 0.71	-0.25			1		6	14	6							27
0.71 0.81	-0.15				6	12	12	12	9	1					52
0.81 0.91	-0.05				3	5	4	9	16	10	1				48
0.91 1.01	0.05				2	4	4	7	10	17	5				49
1.01 1.11	0.15				1		4	7	13	4	7	1			37
1.11 1.21	0.25						3	6	8	8	5	4	1		35
1.21 1.31	0.35						1		3	3	3	3	3		16
1.31 1.41	0.45								1	5	2	2	1		11
1.41 1.51	0.55														
1.51 1.61	0.65											2			2
1.61 1.71	0.75														
1.71 1.81	0.85														
1.81 1.91	0.95									1					1
mm	mm														
			4	4	19	32	44	48	60	49	23	12	5		300

1. Korrelationstafel der Stengellänge und der Stengeldicke der dichtstehenden Kultur auf fettem Boden.

			31.5 36.5	36.5 41.5	41.5 46.5	46.5 51.5	51.5 56.5	56.5 61.5	61.5 66.5	66.5 71.5	71.5 76.5	76.5 81.5	81.5 86.5	86.5 91.5	cm.	
		Dev_L	27.4	22.4	17.4	12.4	7.4	2.4	2.6	7.6	12.6	17.6	22.6	27.6	cm.	
	Dev_D															
0.34 0.44	0.35			2	1											3
0.44 0.54	0.25		4	5	3	9	3	1								25
0.54 0.64	0.15			5	6	17	13	13	4							58
0.64 0.74	0.05					6	17	18	10	7	1					59
0.74 0.84	0.05					2	9	15	26	17	12	5				86
0.84 0.94	0.15							4	7	14	11	5	2			43
0.94 1.04	0.25							1	5	9	5	2				22
1.04 1.14	0.35										1			1		2
1.14 1.24	0.45													1		1
1.24 1.34	0.55										1					1
mm	mm															
			4	12	10	34	42	52	52	47	31	12	2	2		300

2. Korrelationstafel der Stengellänge und der Stengeldicke der dichtstehenden Kultur auf magerem Boden.

			77 82	82 87	87 92	92 97	97 102	102 107	107 112	112 117	117 122	122 127	127 132	132 137	137 142	142 147	147 152	cm	
		Dev_L	-42.2	-37.2	-32.2	-27.2	-22.2	-17.2	-12.2	-7.2	-2.2	2.8	7.8	12.8	17.8	22.8	27.8	cm	
	Dev_D																		
2.4 2.6	-1.54		1						1										2
2.6 2.8	-1.34																		
2.8 3.0	-1.14								2										2
3.0 3.2	-0.94				1			2			1	1							5
3.2 3.4	-0.74						1	3	1			1							6
3.4 3.6	-0.54							2	3		1	1							7
3.6 3.8	-0.34							2	3	2	2	2		2					13
3.8 4.0	-0.14						1			6	2	2	1	2					14
4.0 4.2	0.06							1	3	2	1	5	2	2	2	1	2		21
4.2 4.4	0.26							1	1	1	2	2	1	1	2				11
4.4 4.6	0.46											1							1
4.6 4.8	0.66									1	1	1	3	4	1	1			12
4.8 5.0	0.86										2	1	2	2		1			8
5.0 5.2	1.06											1	2	1					4
5.2 5.4	1.26									1									1
mm	mm																		
			1		1		2	11	14	13	12	18	11	14	5	3	2		107

3. Korrelationstafel der Stengellänge und der Stengeldicke der weitstehenden Kultur auf fettem Boden.

			32 42	42 52	52 62	62 72	72 82	82 92	92 102	102 112	112 122	122 132	132 142	cm	
		Dev_L	-54.5	-44.5	-34.5	-24.5	-14.5	-4.5	5.5	15.5	25.5	35.5	45.5	cm	
	Dev_D														
0.4 0.8	-2.18		1												1
0.8 1.2	-1.78			2	1	2									5
1.2 1.6	-1.38				5	4	2								11
1.6 2.0	-0.98				1	9	3	1							14
2.0 2.4	-0.58						3	6	1						10
2.4 2.8	-0.18					1		6	5	1					13
2.8 3.2	0.22							5	7	4					16
3.2 3.6	0.62							1	3	10	2				16
3.6 4.0	1.02							1	3	6	6				16
4.0 4.4	1.42									2	2	1			5
4.4 4.8	1.82												1		1
mm	mm														
			1	2	7	16	8	20	19	23	10	1	1		108

4. Korrelationstafel der Stengellänge und der Stengeldicke der weitstehenden Kultur auf magerem Boden.

			44 49	49 54	54 59	59 64	64 69	69 74	74 79	79 84	84 89	89 94	94 99	99 104	cm	
		Dev_L	-27.5	-22.5	-17.5	-12.5	-7.5	-2.5	2.5	7.5	12.5	17.5	22.5	27.5	cm	
	Dev_D															
0.51 0.61	-0.55				1											1
0.61 0.71	-0.45		1	1				1								3
0.71 0.81	-0.35		1	1	2	3	6	1	1							15
0.81 0.91	-0.25			2	2	3	4	5	5	4						25
0.91 1.01	-0.15					2	11	4	3	5	3					28
1.01 1.11	-0.05				1	3	5	7	3	3	5	1				28
1.11 1.21	0.05					2	4	9	3	5	9	1				33
1.21 1.31	0.15					2	1	6	4	5	3	3				24
1.31 1.41	0.25						1	3	3	3	2	3		1		16
1.41 1.51	0.35						1			4	1	1	2			9
1.51 1.61	0.45							2	1	1	3	1	1			9
1.61 1.71	0.55						1		2	1	1		1			6
1.71 1.81	0.65												1			1
1.81 1.91	0.75										1	1				2
mm	mm															
			2	4	6	15	34	38	25	31	28	1	5	1		200

5. Korrelationstafel der Stengellänge und der Stengeldicke der Kultur in Usquert.

			42.5 47.5	47.5 52.5	52.5 57.5	57.5 62.5	62.5 67.5	67.5 72.5	72.5 77.5	77.5 82.5	82.5 87.5	cm.	
		Dev_L	-17.5	-12.5	-7.5	-2.5	2.5	7.5	12.5	17.5	22.5	cm.	
	Dev_D												
0.5 0.6	-0.45				1								1
0.6 0.7	-0.35				2	2	1						5
0.7 0.8	-0.25		1	2	4	3	3						13
0.8 0.9	-0.15			3	8	5	4	3					23
0.9 1.0	-0.05			2	12	19	14	5	2	1			55
1.0 1.1	0.05				6	10	10	15	1	1	1		44
1.1 1.2	0.15				2	8	11	7	4	1			33
1.2 1.3	0.25			1	1	1	1	5	2	5			16
1.3 1.4	0.35						2	2		1	1		6
1.4 1.5	0.45					1			1	1			3
1.5 1.6	0.55								1				1
mm	mm												
			1	8	36	49	46	37	11	10	2		200

6. Korrelationstafel der Stengellänge und der Stengeldicke der Kultur in Sappemeer.

Die Betrachtung dieser Tafeln lehrt, dass die Meinung der Praxis, die längsten Stengel seien die dicksten, nur sehr im allgemeinen richtig ist. Unter den längeren Stengeln finden sich auch verhältnismässig dünne, unter den kürzeren relativ dicke vor. Werden die Stengel ihrer Länge nach angeordnet, so zeigt diese Reihe für keine der sechs Kulturen eine ausnahmslose aufeinanderfolgende Dickenzunahme der Stengel, sondern die Reihe weist, je nach der Kultur, eine grössere oder geringere Unregelmässigkeit auf für die Anordnung der Dicke nach. Die Korrelation der Variation beider Merkmale ist also in keiner der untersuchten Kulturen eine vollkommene; ebensowenig aber fehlt die Korrelation durchaus, denn die Tafeln zeigen, dass unzweifelhaft ein gewisser Zusammenhang zwischen der Variation der beiden Merkmale besteht. In allen Tafeln, in der einen mehr, in der anderen weniger deutlich ausgeprägt, sind die Frequenzen über eine elliptische Fläche verteilt, deren längere Achse mit der Diagonale zusammenfällt, und es findet sich die grösste Anzahl der Frequenzen im linken, oberen und im rechten, unteren Quadrant angehäuft. Die Korrelation der Länge und Dicke des Stengels ist also eine unvollkommene. Dazu lehrt die Vergleichung der sechs Tafeln, dass dieselbe in den verschiedenen Kulturen eine ungleich grosse ist. Schon ohne weiteres geht aus den Tafeln hervor, dass die Korrelation der beiden Merkmale in der weitstehenden Kultur auf magerem Boden, Taf. 4, eine grössere ist als in der weitstehenden Kultur auf fettem Boden, Taf. 3. In welchem Grade aber die Korrelation in den verschiedenen Kulturen auseinander geht, muss die Berechnung der Korrelationskoeffiziente lehren.

In den beiden folgenden Tabellen findet man die Mediane und den arithmetischen Mittelwert der Stengellänge und der Stengeldicke dieser Kulturen und die Unterschiede beider Werte, welche in der Formel mit a oder b angedeutet sind.

Tabelle 6.

Totale Stengellänge.

Kultur.	Mediane.	Arithmetischer Mittelwert.	Mediane—arithmetischer Mittelwert.
dichtstehend, auf fettem Boden.	75,93 cm	75,78 cm	0,15 cm
dichtstehend, auf magerem Boden. . . .	61,38 „	61,43 „	— 0,05 „
weitstehend, auf fettem Boden.	121,70 „	116,61 „	5,09 „
weitstehend, auf magerem Boden. . . .	91,50 „	90,22 „	1,28 „
Usquert	74,00 „	75,22 „	— 1,22 „
Sappemeer	62,54 „	63,79 „	— 1,25 „

Tabelle 7.

Stengeldicke in halber Höhe.

Kultur.	Mediane.	Arithmetischer Mittelwert.	Mediane—arithmetischer Mittelwert.
dichtstehend, auf fettem Boden.	0,9117 mm	0,9285 mm	— 0,0168 mm
dichtstehend, auf magerem Boden. . . .	0,7444 „	0,7416 „	0,0028 „
weitstehend, auf fettem Boden.	4,041 „	4,091 „	— 0,050 „
weitstehend, auf magerem Boden. . . .	2,783 „	2,714 „	0,069 „
Usquert	1,11 „	1,127 „	— 0,017 „
Sappemeer	1,004 „	1,020 „	— 0,016 „

Die mittels der Formel aus den Tafeln berechneten Korrelationskoeffiziente der beiden Stengelmerkmale bei den verschiedenen Kulturen sind:

Tabelle 8.

Korrelationskoeffizient der Länge und Dicke des Stengels.

Kultur.	r
dichtstehend, auf fettem Boden	+ 0,68
dichtstehend, auf magerem Boden	+ 0,76
weitstehend, auf fettem Boden.	+ 0,58
weitstehend, auf magerem Boden	+ 0,91
Usquert	+ 0,56
Sappemeer.	+ 0,51

Oben haben wir gesehen, dass der Korrelationskoeffizient bei vollkommener Korrelation der Merkmale = ± 1 ist und bei fehlender Korrelation = 0. Aus den Zahlen dieser Tabelle geht also hervor, dass in allen sechs Fällen zwar eine Korrelation, aber eine unvollkommene zwischen der Länge und der Dicke des Flachsstengels besteht. Für alle Kulturen ist der Korrelationskoeffizient positiv, und das bedeutet, dass im allgemeinen die längsten Stengel die dicksten, die kürzesten die dünnsten sind.

Die Grösse der Korrelation der beiden Stengelmerkmale beträgt in allen Kulturen mehr als 0,5, geht aber unter den verschiedenen Wachstumsbedigungen noch bedeutend auseinander und variiert zwischen 0,51 und 0,91. Der Grad des Zusammenhanges dieser beiden Merkmale ist also ein sehr verschiedener, je nach den äusseren Umständen. In der weitstehenden Kultur auf magerem Boden, wo der Korrelationskoeffizient sehr gross ist, wirken überwiegend Faktoren, welche zugleich die Variation der Stengellänge und die der Stengeldicke beeinflussen, das heisst also gemeinschaftliche Ursachen, während die Faktoren, welche auf die Variation nur eines der beiden Merkmale Einfluss ausüben, den gemeinschaftlichen gegenüber bedeutend zurücktreten. In anderen Kulturen, wie in denjenigen von Usquert und von Sappemeer, wo eine mittelgrosse Korrelation besteht, gibt es neben den gemeinschaftlichen Ursachen, welche zugleich die Variation der beiden Stengelmerkmale bedin-

gen, auch Ursachen, welche nur die Variation der Stengellänge oder die der Stengeldicke in bedeutendem Grade beeinflussen.

Vergleicht man die Korrelationskoeffiziente für die verschiedenen Kulturen miteinander, so ergibt sich, dass die Kulturen auf magerem Boden die grösste Korrelation aufweisen. Unter diesen ungünstigen Nahrungsbedingungen besteht ein engerer Zusammenhang zwischen der Länge und der Dicke des Stengels als wenn der Boden fetter, es sei denn auch weniger für die Flachskultur geeignet ist, wie in Sappemeer. Auf fettem Boden sind die Merkmale mehr unabhängig voneinander, es wirken dort relativ mehr nur ein einziges Merkmal beeinflussende Ursachen. Weiter geht aus der Tabelle hervor, dass die Grösse des Standraumes keinen merkbaren Einfluss auf die Korrelation der Stengellänge und Stengeldicke ausübt; der Einfluss des Bodens übertrifft in diesem Falle somit den des Standraumes.

Aus dem Vorhergehenden ist es deutlich, dass während einerseits zwischen der Länge und der Dicke des Stengels ein Zusammenhang besteht, diese Merkmale anderseits in einem gewissen Grade unabhängig voneinander sind. Diese letzte Erscheinung habe ich bereits im dritten Kapitel, S. 72 hervorgehoben. Wir sahen dort, dass durch äussere Bedingungen in einigen Fällen die Länge und die Dicke des Stengels beide begünstigt werden, in anderen dagegen diese beiden Merkmale gerade entgegengesetzt beeinflusst werden. Dies beweist, dass die Merkmale jedenfalls teilweise unabhängig voneinander sind und wird durch die hier gezeigte Unvollkommenheit der Korrelation bestätigt.

§ 2. Die Korrelation der Anzahl der Früchte und der Stengeldicke und der Anzahl der Früchte und der Stengellänge.

Schon bei oberflächlicher Betrachtung der verschiedenen Pflanzen einer Flachskultur ist es bemerkbar, dass die am kräftigsten ausgebildeten Pflanzen die meisten Früchte tragen. Wie gross aber der Zusammenhang zwischen dieser Zahl und der Dicke oder der Länge des Stengels ist, ob die Korrelation der Anzahl der Früchte und der Stengeldicke geringer oder grösser ist, als diejenige der Anzahl der Früchte und der Stengellänge kann erst die nähere Untersuchung dieser Merkmale lehren. Die Anzahl der Früchte einer Leinpflanze ist ein Mass für ihre Verästelung und aus der Korrelation zwischen Stengeldicke und Stengellänge einerseits und der Anzahl der Früchte anderseits geht also auch der Zusammenhang hervor, welcher zwischen diesen Stengelmerkmalen und dem Grad der Verästelung besteht.

In derselben Weise, wie oben für die Länge und die Dicke des Stengels,

habe ich Korrelationstafeln für die beiden Merkmalspaare, welche hier behandelt werden sollen, zusammengestellt. In allen hier folgenden Tafeln beziehen die zwei Spalten an der linken Seite sich auf die Früchtezahl, die Reihe der Abweichungen vom medianen Wert ist mit Dev_A angedeutet, indem am Kopf der Tafel sich die Reihen der Intervalle und Abweichungen der Stengeldicke oder der Stengellänge finden. Weil in den gewöhnlichen Kulturen sogar die grösste Anzahl der Früchte nur eine geringe ist, ist das kleinstmögliche Intervall 1 bei der Verfertigung der Tafeln gewählt. Die Mediane der Früchtezahl trifft in keinem der untersuchten Fällen mit einer Grenze zwischen zwei Intervallen zusammen, und der Unterschied ist meistens so gross, dass ich in den Tafeln die Medianlinie dieses Merkmals nicht angeben konnte. In den Tafeln 7 und 8 z. B., wo die Anzahl der Beobachtungen 300 beträgt und also 150 derselben über und 150 unter der Medianlinie liegen muss, ist die Anzahl für das erste Intervall schon 224. Die Mediane liegt also innerhalb dieses Intervalles und kann demzufolge nicht in der Tafel verzeichnet werden.

In den Tafeln 13 und 14 fällt die Medianlinie nahezu mit der Grenze zwischen dem 1. und dem 2. Intervall, in den Tafeln 15 und 16 ungefähr mit der Grenze zwischen dem 2. und dem 3. zusammen. Ich habe aber hier die Mediane, wie in den Tafeln 7 und 8, nicht angedeutet. Dennoch habe ich durch eine punktierte Linie die Grenze zwischen den Frequenzen mit negativen und denjenigen mit positiven Abweichungen angegeben, weil dieses bei der Berechnung des Korrelationskoeffizienten bequemer ist. Man findet die Medianlinien aber wohl in den Tafeln 9—12, welche sich auf die Merkmale der weitstehenden Kulturen beziehen, denn bei den Pflanzen dieser Kulturen variiert die Anzahl der Früchte ansehnlich und es sind deshalb grössere Intervalle gewählt, möglichst genau so, dass die Mediane mit der Grenze zwischen zwei Intervallen zusammentrifft.

In der dichtgesäten Kultur auf magerem Boden tragen die Pflanzen in so überwiegender Anzahl nur eine einzige Frucht, dass ich aus diesem Grunde diese Kultur nicht berücksichtigte.

Von den folgenden Korrelationstafeln beziehen je zwei aufeinanderfolgende sich auf dieselbe Kultur, stets gibt die erste die Korrelation der Anzahl der Früchte und der Stengeldicke, die zweite diejenige der Anzahl der Früchte und der Stengellänge.

			0.41 0.51	0.51 0.61	0.61 0.71	0.71 0.81	0.81 0.91	0.91 1.01	1.01 1.11	1.11 1.21	1.21 1.31	1.31 1.41	1.41 1.51	1.51 1.61	1.61 1.71	1.71 1.81	1.81 1.91	mm	
		Dev_D	-0.45	-0.35	-0.25	-0.15	-0.05	0.05	0.15	0.25	0.35	0.45	0.55	0.65	0.75	0.85	0.95	mm	
	Dev_A																		
1	-0.17		4	18	27	52	48	40	18	15	2								224
2	0.83							4	8	7	2	1							22
3	1.83							4	6	9	4	5		1					29
4	2.83							1	4	3	5	2		1					16
5	3.83								1	1	1	1							4
6	4.83											1							1
7	5.83										1	1							2
8	6.83										1						1		2
			4	18	27	52	48	49	37	35	16	11		2			1		300

7. Korrelationstafel der Stengeldicke und der Anzahl der Früchte der dichtstehenden Kultur auf fettem Boden.

			46 51	51 56	56 61	61 66	66 71	71 76	76 81	81 86	86 91	91 96	96 101	cm	
		Dev_L	-27.4	-22.4	-17.4	-12.4	-7.4	-2.4	2.6	7.6	12.6	17.6	22.6	cm	
	Dev_A														
1	-0.17		4	4	19	31	40	40	42	31	11	1	1		224
2	0.83					1	2	4	7	4	2	2			22
3	1.83						2	2	7	8	5	3	2		29
4	2.83							2	2	4	3	3	2		16
5	3.83								2		1	1			4
6	4.83											1			1
7	5.83									1	1				2
8	6.83									1		1			2
			4	4	19	32	44	48	60	49	23	12	5		300

8. Korrelationstafel der Stengellänge und der Anzahl der Früchte der dichtstehenden Kultur auf fettem Boden.

			2.4 2.6	2.6 2.8	2.8 3.0	3.0 3.2	3.2 3.4	3.4 3.6	3.6 3.8	3.8 4.0	4.0 4.2	4.2 4.4	4.4 4.6	4.6 4.8	4.8 5.0	5.0 5.2	5.2 5.4	mm	
		Dev_D	-1.54	-1.34	-1.14	-0.94	-0.74	-0.54	-0.34	-0.14	0.06	0.26	0.46	0.66	0.86	1.06	1.26	mm	
	Dev_A																		
15 35	-89.5		2																2
35 55	-69.5				2	1		1	2						1				7
55 75	-49.5					1	2	1	1	2	1	2		2					12
75 95	-29.5					1			3	2	4	1		1	3				15
95 115	-9.5					1	2	2	2	2	6	1		2		1			19
115 135	10.5								2	2	3	1		1		1			10
135 155	30.5					1		2	1	4	2	2		4	1	1			18
155 175	50.5								1	2		2	1	1	2				9
175 195	70.5						1		1		1				1				4
195 215	90.5										1	1				1			3
215 235	110.5						1				1			1					3
235 255	130.5										1						1		2
255 275	150.5										1	1							2
			2		2	5	6	6	13	14	21	11	1	12	8	4	1		106

9. Korrelationstafel der Stengeldicke und der Anzahl der Früchte der weitstehenden Kultur auf fettem Boden.

			77 82	82 87	87 92	92 97	97 102	102 107	107 112	112 117	117 122	122 127	127 132	132 137	137 142	142 147	147 152	cm	
		Dev_L	-42.2	-37.2	-32.2	-27.2	-22.2	-17.2	-12.2	-7.2	-2.2	2.8	7.8	12.8	17.8	22.8	27.8	cm	
	Dev_A																		
15 35	-89.5		1						1										2
35 55	-69.5								2	1		2		2					7
55 75	-49.5						2	2	1	1				2	2	1			11
75 95	-29.5							1	1	1	2		3	2	2	2	1		15
95 115	-9.5							2	4	2	1	6	1	1	1		1		19
115 135	10.5									1	2	3	1	3					10
135 155	30.5				1			2	2	3	1	2	5	2					18
155 175	50.5							1	1	1	4		1	1					9
175 195	70.5							1	1		1	1							4
195 215	90.5									1		1		1					3
215 235	110.5							1			1	1							3
235 255	130.5									1		1							2
255 275	150.5								1	1									2
			1		1		2	10	14	13	12	17	11	14	5	3	2		105

10. Korrelationstafel der Stengellänge und der Anzahl der Früchte der weitstehenden Kultur auf fettem Boden.

			0.4 0.8	0.8 1.2	1.2 1.6	1.6 2.0	2.0 2.4	2.4 2.8	2.8 3.2	3.2 3.6	3.6 4.0	4.0 4.4	4.4 4.8	mm	
		Dev_D	-2.18	-1.78	-1.38	-0.98	-0.58	-0.18	0.22	0.62	1.02	1.42	1.82	mm	
	Dev_A														
0 5	-32			3											3
5 15	-24.5		1	2	10	3	1								17
15 25	-14.5				1	10	4	4							19
25 35	-4.5						4	3	3	2	2				14
35 45	5.5						1	4	3	6	4				18
45 55	15.5							2	2	2	2	1			9
55 65	25.5								3	1	5	3	1		13
65 75	35.5								2	1	1	1			5
75 85	45.5								2	1					3
85 95	55.5								1	1	1				3
			1	5	11	13	10	13	16	14	15	5	1	·	104

11. Korrelationstafel der Stengeldicke und der Anzahl der Früchte der weitstehenden Kultur auf magerem Boden.

			32 42	42 52	52 62	62 72	72 82	82 92	92 102	102 112	112 122	122 132	132 142	cm	
		Dev_L	-54.5	-44.5	-34.5	-24.5	-14.5	-4.5	5.5	15.5	25.5	35.5	45.5	cm	
	Dev_A														
0 5	-32			1	1	1									3
5 15	-24.5		1	1	5	6	2	2							17
15 25	-14.5				1	8	4	3	2	1					19
25 35	-4.5					1	1	5	3	3	1				14
35 45	5.5							5	4	4	5				18
45 55	15.5							2	2	3	2				9
55 65	25.5							3	1	6	2		1		13
65 75	35.5								1	3		1			5
75 85	45.5								3						3
85 95	55.5							1	1	1					3
			1	2	7	16	7	21	17	21	10	1	1		104

12. Korrelationstafel der Stengellänge und der Anzahl der Früchte der weitstehenden Kultur auf magerem Boden.

			0.51 0.61	0.61 0.71	0.71 0.81	0.81 0.91	0.91 1.01	1.01 1.11	1.11 1.21	1.21 1.31	1.31 1.41	1.41 1.51	1.51 1.61	1.61 1.71	1.71 1.81	1.81 1.91	mm	
		Dev_D	-0.55	-0.45	-0.35	-0.25	-0.15	-0.05	0.05	0.15	0.25	0.35	0.45	0.55	0.65	0.75	mm	
	Dev_A																	
1	-0.43		1	3	15	23	26	20	15	4	1							108
2	0.57					2	2	7	10	7	7	2						37
3	1.57							1	7	6	7		4	3				28
4	2.57								1	7	1	4	1		1	1		16
5	3.57											3	1	3				7
6	4.57												3					3
7	5.57																	
8	6.57																	
9	7.57																	
10	8.57																	
11	9.57															1		1
			1	3	15	25	28	28	33	24	16	9	9	6	1	2		200

13. Korrelationstafel der Stengeldicke und der Anzahl der Früchte der Kultur in Usquert.

			44 49	49 54	54 59	59 64	64 69	69 74	74 79	79 84	84 89	89 94	94 99	99 104	cm	
		Dev_L	-27.5	-22.5	-17.5	-12.5	-7.5	-2.5	2.5	7.5	12.5	17.5	22.5	27.5	cm	
	Dev_A															
1	-0.43		2	4	6	11	26	21	10	12	14	2				108
2	0.57					4	4	9	5	6	5	4				37
3	1.57						3	3	7	6	4	3	1	1		28
4	2.57							3	2	5	2	2	2			16
5	3.57						1		1	1	2		2			7
6	4.57							2			1					3
7	5.57															
8	6.57															
9	7.57															
10	8.57															
11	9.57									1						1
			2	4	6	15	34	38	25	31	28	11	5	1		200

14. Korrelationstafel der Stengellange und der Anzahl der Fruchte der Kultur in Usquert.

			0.5 0.6	0.6 0.7	0.7 0.8	0.8 0.9	0.9 1.0	1.0 1.1	1.1 1.2	1.2 1.3	1.3 1.4	1.4 1.5	1.5 1.6	mm	
		Dev_D	-0.45	-0.35	-0.25	-0.15	-0.05	0.05	0.15	0.25	0.35	0.45	0.55	mm	
	Dev_A														
1	-1.33		1	5	10	14	15	6		1					52
2	-0.33				3	5	24	11	10	4	1				58
3	0.67					4	15	24	9	2					54
4	1.67						1	3	12	7	2	1			26
5	2.67								1	2	2	1			6
6	3.67								1			1			2
7	4.67														
8	5.67										1		1		2
			1	5	13	23	55	44	33	16	6	3	1		200

15. Korrelationstafel der Stengeldicke und der Anzahl der Früchte der Kultur in Sappemeer.

			42.5 47.5	47.5 52.5	52.5 57.5	57.5 62.5	62.5 67.5	67.5 72.5	72.5 77.5	77.5 82.5	82.5 87.5	cm	
		Dev_L	-17.5	-12.5	-7.5	-2.5	2.5	7.5	12.5	17.5	22.5	cm	
	Dev_A												
1	-1.33		1	2	12	14	12	8	2	1			52
2	-0.33			3	10	12	12	13	4	2	2		58
3	0.67			3	10	14	15	8	2	2			54
4	1.67				3	8	6	6	1	2			26
5	2.67					1	1	1	1	2			6
6	3.67				1					1			2
7	4.67												
8	5.67							1	1				2
			1	8	36	49	46	37	11	10	2		200

16. Korrelationstafel der Stengellänge und der Anzahl der Fruchte der Kultur in Sappemeer.

Diese Tafeln lehren, dass ohne Zweifel zwischen der Länge und der Dicke des Stengels einerseits und der Anzahl der Früchte anderseits ein Zusammenhang besteht, aber zugleich geht aus denselben hervor, dass weder die Korrelation der Stengellänge und der Anzahl der Früchte noch die der Stengeldicke und dieses letzteren Merkmals eine vollkommene ist, welche die Kulturbedingungen auch sein mögen. Zudem ist es deutlich, dass die Grösse der Korrelation in den verschiedenen Fällen bei den verschiedenen Kulturen auseinander geht. Vergleicht man jede Korrelationstafel der Stengeldicke und der Anzahl der Früchte mit der darauffolgenden Tafel der Stengellänge und der Anzahl der Früchte der nämlichen Kultur, so ergibt sich, dass im allgemeinen ein engerer Zusammenhang zwischen der Stengeldicke und der Anzahl der Früchte als zwischen der Stengellänge und diesem Merkmal besteht. Deutlicher geht dieses aber aus der mathematischen Behandlung der Tafeln, aus der Berechnung der Korrelationskoeffiziente, hervor. Die Unterschiede der Mediane und des arithmetischen Mittelwertes für die Länge und für die Dicke des Stengels in den verschiedenen Kulturen sind schon oben in den Tabellen 6 und 7 angegeben. In der folgenden Tabelle finden sich diese Werte und ihre Unterschiede für die Anzahl der Früchte.

Tabelle 9.

Anzahl der Früchte.

Kultur.	Mediane.	Arithmetischer Mittelwert.	Mediane—arithmetischer Mittelwert.
dichtstehend, auf fettem Boden	1,17	1,58	— 0,41
weitstehend, auf fettem Boden	114,5	122,62	— 8,12
weitstehend, auf magerem Boden	34,5	36,98	— 2,48
Usquert	1,43	1,97	— 0,54
Sappemeer	2,33	2,46	— 0,13

Die aus den Korrelationstafeln mittels der oben angegebenen Formel berechneten Korrelationskoeffiziente sind folgende:

Tabelle 10.

Korrelationskoeffizient der Anzahl der Früchte und der Stengeldicke.

Kultur.	r
dichtstehend, auf fettem Boden	+ 0,62
weitstehend, auf fettem Boden	+ 0,33
weitstehend, auf magerem Boden	+ 0,76
Usquert	+ 0,72
Sappemeer	+ 0,69

Tabelle 11.

Korrelationskoeffizient der Anzahl der Früchte und der Stengellänge.

Kultur.	r
dichtstehend, auf fettem Boden	+ 0,40
weitstehend, auf fettem Boden	− 0,028
weitstehend, auf magerem Boden	+ 0,66
Usquert	+ 0,35
Sappemeer	+ 0,20

Diese Tabellen bestätigen, dass die Korrelation der Anzahl der Früchte und der Dicke des Stengels und die der Anzahl der Früchte und der Länge des Stengels weder fehlt, noch eine vollkommene ist. In allen Kulturen besteht zwischen beiden Merkmalspaaren eine unvollkommene Korrelation.

Nur in einem der zehn Fälle, nämlich bei der Anzahl der Früchte und der Stengellänge in der weitstehenden Kultur auf fettem Boden ist der Korrelationskoeffizient negativ. Dieser deutet an, dass in dieser Kultur die längsten Pflanzen die geringste, die kürzesten die grösste Anzahl der Früchte tragen. Weil aber der Korrelationskoeffizient sich nur wenig von null unterscheidet, die Korrelation der beiden Merkmale somit sehr gering ist, trifft dieses nur sehr im allgemeinen zu und gibt es viele längeren Pflanzen mit relativ grosser Anzahl der Früchte und viele kürzere mit geringer Anzahl. Auch in der Korrelationstafel 10 ist dieses Verhalten der Korrelation sichtbar.

Die Frequenzen sind erstens über eine grosse Fläche der Tafel verteilt, und dadurch wird die geringe Korrelation angedeutet, zweitens sind dieselben etwas mehr im rechten, oberen und linken, unteren Quadrant angehäuft, also gerade umgekehrt wie in allen anderen Tafeln, bei positiver Korrelation.

Vergleicht man die Grösse der Korrelationskoeffiziente in den beiden Tabellen bei den übereinstimmenden Kulturen, so ergibt sich, dass stets der Koeffizient der Anzahl der Früchte und der Stengeldicke grösser ist als derjenige der Anzahl der Früchte und der Stengellänge, und in einigen Fällen ist dieser Unterschied sogar ansehnlich. Es besteht somit ein engerer Zusammenhang zwischen der Dicke des Stengels und der Anzahl der Früchte als zwischen der Länge und dieser Anzahl. Wäre die Korrelation zwischen der Länge und der Dicke des Stengels in allen Kulturen eine vollkommene, so würde die Korrelation der Stengellänge und der Anzahl der Früchte stets ebensogross sein wie die zwischen der Stengeldicke und der Anzahl der Früchte. Dem ist aber, wie wir oben sahen, nicht so und bei Unvollkommenheit der Korrelation der Länge und Dicke kann die Grösse der Korrelation der beiden anderen Merkmalspaare auseinander gehen. Zwar unterliegt das Verhältnis der Grössen beider Korrelation bestimmten Gesetzen. Ich will darauf aber an dieser Stelle nicht näher eingehen.

In den verschiedenen Kulturen geht der Korrelationskoeffizient, sowohl derjenige der Anzahl der Früchte und der Stengeldicke wie der der Anzahl der Früchte und der Stengellänge mehr auseinander als dies bei der Korrelation der Länge und Dicke des Stengels in den verschiedenen Kulturen der Fall ist. Ebenso wie bei diesen letzteren Merkmalen findet sich auch hier in beiden Fällen die grösste Korrelation in der weitstehenden Kultur auf magerem Boden. Ebenfalls übt der Standraum keinen merkbaren Einfluss auf die Korrelation zwischen der Anzahl der Früchte und der Dicke oder der Länge des Stengels aus; denn für die weitstehenden Kulturen ist der Korrelationskoeffizient entweder grösser oder geringer als für die dichtstehenden, je nach dem Verhalten des Bodens. Der Einfluss des Bodens übertrifft also auch bei diesen beiden Merkmalspaaren denjenigen des Standraumes.

In diesen beiden Fällen, ebenso wie bei der Stengellänge und Stengeldicke, sehen wir, dass der Zusammenhang, welcher zwischen je zwei der Merkmale besteht, in starkem Grade von äusseren Umständen abhängig ist. Das Verhältnis der gemeinschaftlich auf die Variation beider Merkmale wirkenden Ursachen zu denjenigen, welche die Variation nur eines der

Merkmale beeinflussen, ist für keines der Merkmalspaare ein konstantes und variiert je nach den Wachstumsbedingungen.

Eine Erklärung der bei der Korrelation dieser drei Gruppen von Merkmalen beobachteten Erscheinungen kann ich einstweilen nicht geben. Ich beschränke mich auf die Mitteilung der Tatsachen und werde nicht versuchen zu erklären weshalb z. B. die Korrelation auf magerem Boden am grössten ist und der Standraum keinen oder nur einen äusserst geringen Einfluss auf die Korrelation ausübt. Erst wenn die Anzahl dergleicher Untersuchungen grösser ist, wird man versuchen können diese Erscheinungen zu erklären und dadurch unsere Kenntnis des Zusammenhanges der Merkmale zu erweitern. Die hier mitgeteilten Untersuchungen bilden nur den ersten Schritt auf dem Wege, der zu solchen Studien führt.

§ 3. **Die Ergebnisse dieses Kapitels.**

Aus der vorhergehenden Untersuchung der Korrelation der Merkmale ergibt sich das Folgende.

Zwischen der Länge und der Dicke des Stengels, zwischen der Anzahl der Früchte und der Länge des Stengels und zwischen der Anzahl der Früchte und der Dicke des Stengels besteht eine unvollkommene Korrelation.

Die Korrelation ist eine positive, ausgenommen die der Anzahl der Früchte und der Stengellänge in der weitstehenden Kultur auf fettem Boden.

Die Korrelation zwischen der Anzahl der Früchte und der Dicke des Stengels ist grösser als die zwischen der Anzahl der Früchte und der Länge des Stengels.

Die Grösse der Korrelation ist in starkem Grade von den Wachstumsbedingungen abhängig. Die drei Merkmalspaare zeigen die grösste Korrelation in den Kulturen auf magerem Boden.

Der Standraum übt keinen wahrnehmbaren Einfluss auf die Grösse der Korrelation aus.

FÜNFTES KAPITEL.

Die Entwicklungsgeschichte und der Bau des Stengels.

§ 1. Die Entwicklungsgeschichte des Stengels.

Es liegt auf der Hand, dass der Flachsstengel, welcher ein so wichtiges Produkt liefert, sehr oft Gegenstand der mikroskopischen Untersuchung gewesen ist. In vielen der zahlreichen Arbeiten über den Flachs wird denn auch der Bau des Stengels beschrieben, aber gewöhnlich nur der Faser wegen und deshalb meistens unvollständig. Unter allen diesen gibt es nur zwei Arbeiten, in welchen die Entwicklungsgeschichte und der Bau des Stengels ausführlicher und genauer studiert worden sind, in beiden aber mit besonderer Berücksichtigung der Entwicklung der Faser. Die erste ist die Arbeit Reisseks. [1]) Diese Untersuchung stammt aus dem Jahre 1852, und es kann deshalb nicht wunder nehmen, dass in dieser Abhandlung die Deutung der verschiedenen Gewebe eine veraltete ist und sogar einige jetzt als sehr wichtig betrachteten Gewebe nicht erwähnt werden. Es ist deshalb zwecklos, die Arbeit hier näher zu besprechen, wie interessant dieselbe vom historischen Standpunkte auch sein mag.

Die zweite Arbeit ist die von Havenstein [2]) aus dem Jahre 1874. Diese ausführliche Studie enthält manche wichtige Mitteilung und hat die Kenntnis der Entwicklung und des Baues des Flachsstengels sehr wesentlich gefördert. Havenstein kennt aber offenbar das Phloëm nicht und wird demzufolge zu einer mangelhaften Auffassung über den Ursprung der Fasern

---

[1]) S. Reissek, Die Fasergewebe des Leines, des Hanfes, der Nessel und Baumwolle, nebst Beobachtungen über die Entwickelung der Bastzellen. Denkschr. d. Kais. Akad. d. Wiss. Wien, Bd. IV, 1852, S. 127.

[2]) G. Havenstein, l. c.

geführt. Ich werde diesen Punkt im siebenten Kapitel näher besprechen. Auch die Untersuchung HAVENSTEINS ist aber dadurch nicht mehr in Übereinstimmung mit unserer heutigen anatomischen Kenntnis. Es scheint demnach in einer Arbeit wie vorliegende geboten die Entwicklung und den Bau des Flachsstengels aufs neue zu studieren.

Beim Studium der Entwicklungsgeschichte des Leinstengels stehen zwei Wege offen, weil bei dieser Pflanze der Bau des erwachsenen Stengels, abgesehen von den absoluten Grössenverhältnissen der verschiedenen Gewebe, im allgemeinen an allen Punkten derselbe ist. Aus diesem Grunde kann man erstens die aufeinanderfolgenden Entwicklungsstufen an den verschiedenen Stellen eines halb erwachsenen Stengels, bei der Spitze desselben anfangend, untersuchen. Und zweitens kann man Pflanzen verschiedenen Alters, vom Keimungsstadium an bis hinauf zur Blüte, an übereinstimmenden Stellen studieren. Ich habe beides getan, weil beide Methoden einander vervollständigen können und zusammen eine richtige Einsicht in die Entwicklung und in den Bau des ganzen Stengels geben.

Das Untersuchungsmaterial stammte von den Parzellen im botanischen Garten und von den Äckern in Sappemeer und Usquert. Teilweise wurde Alkohol-, teilweise 1 °/₀ Chromsäurematerial verwendet. Die mikroskopischen Präparate wurden aus freier Hand oder nach Paraffineinbettung der Untersuchungsobjekte mit dem Mikrotom angefertigt und in verschiedenen Reagentien untersucht, oder mit Gentianaviolet oder Fuchsin gefärbt.

In der folgenden Beschreibung der Entwicklung des Stengels werde ich die Fasern nicht besonders berücksichtigen und denselben nicht mehr Aufmerksamkeit widmen als im Zusammenhang mit den übrigen Geweben erforderlich ist, weil die Faser später ausführlich behandelt werden soll.

Die Spitze des Vegetationskegels (Taf. II, Fig. 1) besteht aus einem gleichartigen Gewebe von isodiametrischen Meristemzellen, welche ausser Protoplasma und Kern meistens auch Stärke führen. An dieser Stelle findet eine lebhafte Zellteilung in allen Richtungen statt. Schon in sehr geringer Entfernung vom Wachstumsscheitel tritt eine Differenzierung auf. Zuerst fängt das Mark an sich vom übrigen Gewebe abzuheben. Die Zellen, zumal die in der Mitte liegenden, werden grösser und zwischen denselben treten kleine Interzellularen auf. In diesem Markgewebe hört sehr früh die Zellteilung auf. Der Querdurchmesser der Markzellen nimmt nicht nennenswert mehr zu, in der Längsrichtung dagegen findet noch ein bedeutendes Wachstum statt und die Zellen erhalten schliesslich eine langgestreckte Gestalt. In dem in der

Fig. 1 abgebildeten Längsschnitt eines Vegetationskegels ist die Grenze zwischen dem Mark, M, und dem übrigen Gewebe durch eine feine Linie angegeben. Ungefähr zugleich mit dem Marke bildet die Epidermis (Fig. 1, E) sich aus. Die anfangs isodiametrischen Zellen werden in der tangentialen und in der Längsrichtung ein wenig gestreckt und die Aussenwand fängt an sich zu verdicken.

Bald darauf lassen sich im Gewebe zwischen Epidermis und Mark zwei Zonen unterscheiden (Fig. 1, R und FG). Die äussere, die Rinde, besteht aus 3—5 Lagen ein wenig in der Längsrichtung gestreckter Zellen, zwischen denen sich kleine Interzellularen vorfinden. Die innere Schicht ist aus auf dem Querschnitt kleineren, in der Längsrichtung aber grösseren Zellen zusammengesetzt. Diese Zone besteht aus den an der Markseite in einem Kreise liegenden Prokambiumsträngen und dem an die innerste Rindenschicht, die Endodermis, grenzenden Perikambium. In letzterem befinden sich die ebenfalls im Kreise angeordneten Faserbündelanlagen. Diese und die Prokambiumstränge sind durch radial gerichtete, parenchymatische, stärkehaltige Gewebestreifen voneinander getrennt.

Während die Zellen der Epidermis und der Rinde wachsen und sich durch Radial- und durch Querwände teilen, bilden sich die Vasal- und Cribralprimanen aus. Die ersten Vasalprimanen bilden sich aus den innersten, an das Mark grenzenden Zellen durch spiralige Verdickung der Wände und durch Verholzung derselben. Nach und nach werden darauf in centrifugaler Richtung mehr Xylemelemente hinzugefügt. Anfangs liegen die Schraubenwindungen einander sehr nahe, dieselben werden aber später, infolge des Längenwachstums, auseinander gerückt. Die in der Längsrichtung aufeinanderfolgenden, spiralig verdickten Zellen grenzen mit schiefen Wänden aneinander. Später verschwinden diese Zwischenwände und es bilden alsdann die übereinander stehenden Zellen zusammen ein Schraubengefäss.

Die Ausbildung der verschiedenen, im Kreise liegenden Xylemstränge ist in gleicher Entfernung von der Spitze des Vegetationskegels eine sehr verschiedene. In einem Querschnitt etwa 1 mm unterhalb der Vegetationsspitze findet man nebeneinander Stränge, welche aus einem bis vier Holzelementen bestehen und diese kleineren und grösseren Xylemstränge wechseln in scheinbar unregelmässiger Weise miteinander ab. Die ausserhalb der Xylembündel liegenden Phloëmstränge sind von ersteren durch 3 bis 5 Reihen von Parenchymzellen getrennt. Sie bestehen aus auf dem Querschnitt kleinen, protoplasmareichen Zellen. Die Phloëmstränge sind derart in einem Kreise angeordnet, dass ziemlich regelmässig ein aus Phloëm und Xylem

bestehendes Bündel, also ein Gefässbündel und ein vereinzelter Phloëmstrang miteinander abwechseln (Taf. II, Fig. 5, Taf. V, Fig. 36). Später, in grösserer Entfernung von der Spitze des Vegetationskegels, zeigen einige dieser letzteren Phloëmstränge auch einen dazugehörenden Xylemstrang, aber es bleiben immer einige Phloëmbündel übrig, welchen Xylembündel fehlen.

Auch die Phloëmstränge sind wie die Xylemstränge in gleicher entfernung vom Scheitel verschieden stark ausgebildet, aber diese Erscheinung ist hier viel weniger deutlich. Die ungleich starke Ausbildung der verschiedenen Gefässbündel in gleicher Höhe steht mit der Blattstellung im Zusammenhang. Die im Kreise liegenden Gefässbündel gehören zu ebensovielen Blättern, welche anfangen sich am Vegetationskegel auszubilden. Das grösste Gefässbündel im Kreise korrespondiert mit dem nächst höher liegenden Blatte und die übrigen, ihrer Grösse nach, in aufeinanderfolgender Reihe mit den aufeinanderfolgend, höher liegenden, jüngeren Blättern oder Blattanlagen.

Die Gefässbündel und die Phloëmstränge sind durch radiale, parenchymatische, stärkeführende Gewebestreifen, die Markverbindungen, voneinander getrennt (Taf. II, Fig. 5, Taf. V, Fig. 36, Mv).

Im ausserhalb des Phloëms liegenden Perikambium sind jetzt, das heisst in einer Entfernung von weniger als 1 mm von der Spitze des Vegetationskegels, die Faserzellen als dünnwandige in der Längsrichtung gestreckte, auf dem Querschnitt grössere Zellen mit geringem Inhalt sichtbar. Sie bilden an die Endodermis grenzende Gruppen, zwischen denen sich radial gerichtete Streifen von parenchymatischen, stärkehaltigen Perikambiumzellen befinden, während sie von den Phloëmsträngen auch durch Perikambiumzellen getrennt sind (Taf. II, Fig. 5 und 6, Taf. V, Fig. 36).

Die Anzahl der Faserbündel ist derjenigen der Phloëmstränge ziemlich gleich. Zudem stimmt die Lage der Fasergruppen meistens in radialer Richtung mit der der Phloëmstränge und Gefässbündel überein. Wo dies der Fall ist, treffen die zwischen den Faserbündeln liegenden Parenchymzellen mit den Markverbindungen zusammen. Demzufolge zeigt der Querschnitt des Stengels in diesem Stadium der Entwicklung innerhalb der Rinde in einem Kreise angeordnete Zellgruppen durch parenchymatische Gewebestreifen getrennt, welche Rinde und Mark verbinden. Die Grösse dieser Gruppen ist eine sehr verschiedene. Ein Teil derselben besteht dem Gesagten zufolge aus Faserzellen, Phloëm- und Xylemstrang, andere sind nur aus Faserzellen und einen Phloëmstrang zusammengesetzt. Hin und wieder aber, wo die Faserbündel anastomosieren, fehlen die die Bündel trennenden Parenchymzellen. An diesen Stellen entsprechen dem Faserbündel mehr als ein

Gefässbündel oder Phloëmstrang, so dass eine grössere Gruppe gebildet wird (Taf. V, Fig. 36).

Das oben Mitgeteilte spielt sich alles sehr schnell ab. Schon innerhalb einer Entfernung von 1 mm von der Spitze des Vegetationskegels sind Faserbündel, Phloëm- und Xylemstränge sichtbar.

Die Faserbündel verlaufen durch den Stengel, wie wir später sehen werden, nicht getrennt, sondern die im Kreise nebeneinander liegenden Bündel anastomosieren und bilden demzufolge gleichsam ein Netz, das wie ein hohler Zylinder den inneren Teil des Stengels umfasst und nach aussen von der Rinde umgeben wird.

Der Verlauf der Gefässbündel im Stengel ist von Tognini [1]) eingehend studiert. Ich habe diesen Gegenstand nicht aufs neue ausführlich untersucht, weil meine betreffenden Beobachtungen mit den Angaben Togninis im allgemeinen übereinstimmen. Ich teile deshalb, was diesen Punkt betrifft, die Resultate Togninis mit. Tognini fand, dass der Lein den sehr besonderen Fall aufweist, dass die einen einzigen Kreis bildenden Gefässbündel völlig getrennt voneinander verlaufen und nur mit dem sekundären Gewebe im Zusammenhang stehen. Jedes aus einem Blatt tretende Gefässbündel durchläuft etwa 22 Internodien und weicht ein wenig von der Vertikale in tangentialer Richtung ab. Jedes Bündel trifft demzufolge nicht mit den Gefässbündeln zusammen, welche aus den niedriger gelegenen, zur nämlichen Orthostiche gehörenden, Blättern treten. Dadurch liegen die Blattspuren mehrerer übereinander stehenden Blätter im Kreise nebeneinander. Hieraus erklärt sich nun die scheinbar so regellose Verteilung der Gefässbündel, dem Grade ihrer Ausbildung nach, im Kreise. Denn, wie wir oben sahen, korrespondiert das grösste Gefassbündel mit dem nächst höher liegenden Blatte und die übrigen, ihrer Grösse nach, in aufeinanderfolgender Reihe mit den aufeinanderfolgenden, jüngeren Blättern. Nun ist nach Tognini die Blattstellung im mittleren Teil des Flachsstengels im allgemeinen $^2/_5$. Auf dem Querschnitt liegen somit das grösste Gefässbündel und das in Grösse darauffolgende, weil sie zwei aufeinanderfolgenden Blättern zugehören, 144° voneinander entfernt, während zwischen denselben sich mehrere andere befinden.

Bei der weiteren Ausbildung des Stengels hört zuerst die Zellteilung in der Epidermis auf, wenn auch, wie wir im folgenden sehen werden, viel später hier wieder Zellteilung auftreten kann. Die Zellen wachsen nun in der tangentialen und in der Längsrichtung noch bedeutend aus, im Zusam-

[1]) F. Tognini, l. c.

menhang mit der Streckung und dem Dickenwachstum des betreffenden Stengelteils. Die Stärke verschwindet nun aus der Epidermis, nur in den Schliesszellen der sich jetzt bildenden Stomata bleibt sie erhalten.

Sehr bald nachdem die Epidermiszellen sich zu teilen aufgehört haben, also in etwa 3—5 mm Entfernung vom Scheitel, wird auch die Zellteilung in der Rinde eingestellt. Die Zellen wachsen dann noch in die Längsrichtung, der Streckung des Stengels gemäss. Das Wachstum in tangentialer Richtung der äusseren Rindenzellen hält mit dem Wachstum der Epidermiszellen gleichen Schritt. Im Zusammenhang mit dem Auftreten immer grösser werdender Interzellularen in der Rinde werden die übrigen Zellen aber viel weniger in tangentialer Richtung ausgedehnt.

In den Rindenzellen und den an der Innenseite der Fasern liegenden Perikambiumzellen tritt nun Chlorophyll auf.

Im Marke entsteht, infolge des Zusammenfliessens der in der Längsrichtung gestreckten Interzellularräume, eine stets grösser werdende zentrale Höhle (Taf. II, Fig. 1, Taf. V, Fig. 36). Die Peripherie des Markes, die Markverbindungen, die zwischen den Faserbündeln liegenden Perikambiumzellen, die Endodermis und die Rinde führen noch Stärke. Beim weiter Wachsen treten die genannten Perikambiumzellen mehr und mehr in den Hintergrund und es bleibt zwischen den Gruppen nur eine einzige Reihe radial angeordneter Zellen übrig. Diese Zellen schliessen sich den Endodermiszellen an, und bilden mit denselben eine auf dem Querschnitt bogenförmige Schicht, welche die Gruppen umfasst. Zu dieser Zeit wird ein Unterschied in der Grösse der Stärkekörner der verschiedenen Gewebe bemerkbar. In den äusseren Rindenzellen befinden sich kleine Stärkekörner in den Plastiden. Dagegen führen die Zellen der genannten, bogenförmigen Schicht und ebenfalls die peripherischen Markzellen grosse Stärkekörner. Demzufolge treten die Endodermiszellen mit den radial darauf stehenden Perikambiumzellreihen stark in den Vordergrund. Dieselben bilden zusammen die Stärkescheide. An der inneren Seite dieser Stärkescheide schliessen sich die Faserzellen sogleich an (Taf. II, Fig. 5 und 7).

Die Dicke der Rinde nimmt in diesem Stadium bedeutend zu, aber nur infolge der noch stets grösser werdenden Interzellularräume. Die Rindenzellen bilden nun eine äussere, an die Epidermis grenzende, ununterbrochene Zellreihe und eine innere, ununterbrochene Reihe, die Endodermis, welche den grössten Teil der Stärkescheide bildet. Dazwischen liegen die übrigen Rindenzellen mehr oder weniger regelmässig in radialen Reihen, durch grosse Interzellularen getrennt.

Es hat also eine ansehnliche Verschiebung der mittleren Rindenzellen

stattgefunden und dadurch zeigt die Rinde in radialer Richtung nun mehr Zellen als im früheren Stadium, obgleich die totale Anzahl der Rindenzellen nicht mehr zugenommen hat. Die Dicke kann nun sogar 7 bis 8 Zellen betragen (Taf. II, Fig. 7).

Während diese Vorgänge stattfinden, fahren die zwischen dem Xylem- und Phloëmteil liegenden Zellen fort sich durch tangentiale Wände zu teilen. So entstehen dort radial angeordnete Zellreihen. Die innersten Zellen verdicken sich, verholzen und bilden Holzelemente, anfangs Spiralgefässe, später Ring- und Netzgefässe und darauf getüpfelte Gefässe, Fasertracheiden und getüpfelte Markstrahlzellen. Sie vergrössern allmählig den Xylemstrang in centrifugaler Richtung. Die an der anderen Seite liegenden Zellen bleiben dünnwandig und vergrössern nach und nach das Phloëm an der dem Marke zugewandten Seite. Darauf tritt auch Zellteilung an der inneren Seite der vereinzelten Phloëmbündel auf, und wird das Kambium auch interfascikular, in den Markverbindungen sichtbar (Taf. II, Fig. 7).

Ich konnte nicht entscheiden, ob das Kambium als Initialenkambium oder als Etagenkambium anfängt. Dieses ist in Übereinstimmung mit den Angaben Schoutes [1]), denn er nennt *Linum usitatissimum* bei denjenigen Pflanzen, bei welchen er nicht feststellen konnte aus wieviel primären Zellen das Kambium aufgebaut war.

Der geschlossene Kambiumring bildet nach innen eine ununterbrochene, sekundäre Xylemschicht, welche fortwährend an Dicke zunimmt. Nach aussen wird nur sehr wenig sekundäres Phloëm gebildet, stellenweise bleibt die Bildung desselben sogar ganz zurück.

Die ursprünglichen, primären Xylemstränge ragen nachher als spitze Leisten in das Mark hinein, die Markkrone bildend, und an der Peripherie des sekundären Phloëms findet man die primären Phloëmbündel als Gruppen kleiner Zellen zurück. An der Stelle, wo ein Gefässbündel aus einem Blatt in den Stengel tritt, findet man im sekundären Phloëm und Xylem, ebenso wie in den Faserbündeln eine Lücke, die Elemente weichen auseinander um der Blattspur Raum zu geben. Sobald das Gefässbündel in den Stengel getreten ist, werden sein Phloëm- und Xylemteil durch das dazwischen auftretende, sekundäre Gewebe voneinander getrennt und die beiden Stränge nehmen ihren Platz im Kreise der primären Phloëm- und Xylemstränge ein.

Wenn der sekundäre Zuwachs schon deutlich sichtbar ist, tritt in den

---

[1]) J. C. Schoute, Über Zellteilungsvorgänge im Cambium. Verhand. der Kon. Akad. v. Wet. Amsterdam, Deel IX, N°. 4, 1902, S. 22.

Faserzellen, welche bis zu diesem Stadium nur in Grösse gewachsen sind, eine Veränderung auf. Die äussersten, an die Stärkescheide grenzenden Faserzellen unterscheiden sich nun von den übrigen durch ihren grösseren Protoplasmagehalt und bald darauf wird in diesen Zellen eine dünne, sekundäre Verdickungsschicht der Membran sichtbar (Taf. IV, Fig. 35). Allmählig wird die Zellwand dicker und das Lumen kleiner, während nach und nach auch die übrigen Faserzellen, von aussen nach innen fortschreitend, sich zu verdicken anfangen. Sehr lange, selbst wenn das Lumen der Faser sehr klein geworden ist, bleibt das Protoplasma in ihrem Innern noch wahrnehmbar und oft führen die verdickten Fasern kleine Stärkekörnchen (Taf. V, Fig. 41). Die Fasergruppen heben sich nun scharf von den sie umgebenden Geweben ab. Ausserhalb und zwischen denselben befinden sich die grosse Stärkekörner führenden Zellen der Stärkescheide und an der Innenseite liegen hin und wieder ebenfalls mit Stärke gefüllte, grosse Perikambiumzellen.

Während die Faserzellen sich verdicken, wird ebenfalls die sekundäre Xylem- und Phloëmschicht fortwährend dicker. Infolgedessen tritt in den äusseren Partien des Stengels eine Veränderung auf. Die jetzt von einer Cuticula versehenen Epidermiszellen wachsen, dem grösseren Umkreis des Stengels gemäss, in tangentialer Richtung bedeutend aus. Die tangentiale Dimension kann an Stellen, wo der sekundäre Zuwachs bedeutend ist, selbst zwei- oder dreifach oder mehr zunehmen.

Auch die Schliesszellen der Stomata werden in dieser Richtung ausgedehnt und das oft so stark, dass die Stomata, statt der ursprünglich ein wenig in der Längsrichtung gestreckten Gestalt, schliesslich in tangentialer Richtung gestreckt erscheinen (Taf. II, Fig. 2 und 3).

Die Epidermis und Rinde des Leins verhalten sich beim Dickenwachstum des Stengels anders als diejenigen der meisten Pflanzen. Die Zellen besitzen eine ausserordentliche Fähigkeit in tangentialer Richtung ausgedehnt zu werden, dagegen ist das Vermögen sich durch radiale Wände zu teilen äusserst gering. Die von Sachs[1]) beschriebene und abgebildete, für die Epidermis und Rinde charakteristische Zellteilung, bei welcher die aus einer Mutterzelle entstandenen, in tangentialer Richtung nebeneinander liegenden Zellen durch die dickere Wand der ursprünglichen Mutterzelle später noch angedeutet werden, fand ich nur sehr spärlich in der Epidermis und Rinde des Flachsstengels. Sehr eigentümlich ist nun aber, dass indem in kräftigen Stengeln die Epidermiszellen tangential ausserordentlich ausgedehnt

---

[1]) J. Sachs, Lehrbuch der Botanik. 1874, S. 72.

werden, aber nicht imstande sind sich durch radiale Wände in mehrere Zellen zu zerlegen, diese Zellen dagegen durch Querwände in mehrere übereinander stehenden Zellen geteilt werden. Dadurch wird auch hier eine übermässige Grösse der Epidermiszellen vermieden, aber die Teilungsrichtung ist eine andere als bei den meisten Pflanzen. In der Längsansicht zeigt die Epidermis eines solchen kräftigen Stengels die genannten Sachsschen Figuren sehr schön (Taf. II, Fig. 3, Taf. III, Fig. 14).

Während es auf der Hand liegen würde zu vermuten, dass dieser Teilungsvorgang der Epidermiszellen mit dem Längenwachstum des Stengels im Zusammenhang stehe, ergibt sich, dass dem nicht so ist, und dass diese Teilungen nur vom Grad des Dickenwachstums abhängig sind. Die Teilung der Epidermiszellen in übereinander stehende Zellen tritt nämlich erst auf, nachdem die Streckung des betreffenden Stengelteils längst aufgehört hat, und nur dann, wenn die Zellen infolge des kräftigen sekundären Wachstums sehr stark tangential ausgedehnt werden. Sehr lange, aber dünne Stengel weisen diese Teilungsfiguren nicht auf und zeigen sehr stark in der Längsrichtung gestreckte Epidermiszellen (Taf. II, Fig. 2, Taf. III, Fig. 15). Infolgedessen sind die Epidermiszellen von Stengeln mit kräftigem Längenwachstum meistens viel kürzer als von Stengeln mit schwächerer Streckungsintensität, eben weil die Pflanzen mit kräftigem Längenwachstum im allgemeinen auch ein ansehnliches Dickenwachstum aufweisen.

Wie gross nun auch die Fähigkeit der Epidermis- und äusseren Rindenzellen in tangentialer Richtung ausgedehnt zu werden sein mag, schliesslich hört das passive Wachstum derselben doch auf. Fährt der Stengel dann noch fort an der betreffenden Stelle in die Dicke zu wachsen, so tritt an einigen Stellen in der Epidermis und Rinde eine Veränderung auf. An der Basis zeigen solche Stengel in der Längsrichtung gestreckte Flecken, welche sich durch ihre dunklere, bräunliche Farbe und ihren ringsum verdickten Rand vom umgebenden Stengelteil unterscheiden. Diese Flecke sind meistens weniger als 1 mm breit und 1 bis mehrere mm lang und sehen aus wie Lenticellen. Sie entstehen dadurch, dass die Epidermis, welche dem ansehnlichen Wachstum des Stengelumkreises nicht mehr folgen kann, an einer oder mehreren Stellen zerreisst, und infolgedessen das Rindengewebe freigelegt wird. Auch in diesem Gewebe treten Zerreissungen auf, welche sich bis zur Faserschicht, sogar bis in dieselbe erstrecken können. Oft findet auch schon, vor die Epidermis zerreisst, in Rinde und Epidermis Zellteilung statt. In der Epidermis derart, dass radial angeordnete Zellreihen entstehen; in der Rinde erfolgen die Teilungen nach allen Richtungen, wie auch bei der Bildung der Lenti-

cellen der Fall ist. Beim Zerreissen der Epidermis und der äusseren Rindenzellen weichen die Zellen dann unregelmässig auseinander; die Rindenzellen, welche nun die Oberfläche bilden und auch mehr oder weniger darunter liegende Zellschichten verdicken ihre Membran und werden verkorkt oder verholzt. Ebenso verhalten sich die Epidermis- und Rindenzellen, welche die Rissstelle umgeben und sich über die Oberfläche hervorwölben.

Wir haben jetzt gesehen, welche Erscheinungen in der Epidermis und Rinde an der Basis sehr dicker Stengel auftreten und werden jetzt die Entwicklungsgeschichte weiter verfolgen und die Veränderungen studieren, welche die Rinde und die übrigen Gewebe infolge des sekundären Wachstums bei der weiteren Ausbildung erfahren.

Die Rinde, welche beim Anfang des sekundären Wachstums und auch noch einige Zeit nachher die beschriebenen, grossen Interzellularen zeigt, nimmt später allmählig wieder an Dicke ab. Die Interzellularen werden in tangentialer Richtung ausgedehnt, in radialer Richtung dagegen werden sie stets kleiner, bis sie stellenweise verschwinden. Auch die Zellen empfinden den Einfluss des vom innenliegenden Gewebe ausgeübten Druckes, sie werden in radialer Richtung zusammengepresst (Taf. III, Fig. 8). Dort wo ein kräftiges, sekundäres Wachstum stattfindet, das heisst an der Basis des Stengels, zeigt die Rinde sich schliesslich als ein unregelmässiges, zusammengedrücktes Gewebe mit tangential langgestreckten Spalten, die Resten der früheren, grossen Interzellularen. In radialer Richtung weist die Rinde dann nicht mehr als zwei oder drei Zellreihen auf. Die Stärkescheide bildet nun nicht mehr einen ununterbrochenen Ring. Beim Zunehmen des Stengeldurchmessers werden die Zellen auseinander gerückt. Sie bleiben aber noch lange nachweisbar, durch die grossen Stärkekörner, welche sie führen, im Gegensatz zu den kleinen, die sich in den übrigen Rindenzellen befinden.

Während die Rinde nach und nach zusammengedrückt wird, verlieren die Zellen gewöhnlich ihren Inhalt. Die Stärke bleibt am längsten in der Stärkescheide, schliesslich aber verschwindet sie auch hier.

Zugleich mit den Rindenzellen empfinden auch die Faserbündel den Einfluss der Dickenzunahme des innerhalb der Faserschicht liegenden Stengelteils. An Stellen, wo ein bedeutender sekundärer Zuwachs stattgefunden hat, sind die Faserbündel in tangentialer Richtung auseinander gerückt und sogar oft die einzelnen Bündel in mehrere Teile zerlegt. Auch treten zwischen den Fasern grössere oder kleinere Interzellularen, sogar Lücken auf (Taf. V, Fig. 38). Hie und da finden sich lange Zeit zwischen den Faserbündeln

noch vereinzelte Zellen vor, welche grosse Stärkekörner führen. Das sind die Perikambiumzellen, welche die radialen Teile der bogenförmigen Stärkescheide gebildet haben.

Auch die Faserzellen selbst weisen eine Veränderung auf. Die verdickten Fasern werden infolge des auf dieselben ausgeübten Druckes kräftig aneinander gepresst und die auf dem Querschnitt anfangs ein wenig abgerundete Form geht in eine fünf- oder sechseckige über (Taf. III, Fig. 17). Diese Form zeigen die Fasern über den grössten Teil des Stengels. Die Form der Fasern an der Basis und an der Spitse des Stengels werde ich später ausführlich behandeln.

Die an der inneren Seite der Faserschicht liegenden, primären Phloëmstränge werden beim Dickenwachstum des Stengels nach und nach unsichtbar. Die sekundäre Phloëmschicht weist im erwachsenen Stengel nicht immer noch die ursprünglich radiale Anordnung der Zellen auf, sondern zeigt sich meistens als ein mehr oder weniger zusammengepresstes Gewebe.

Während das sekundäre Xylem an der Peripherie wächst, bleiben an der Innenseite die primären Xylemstränge als Markkrone sichtbar und zeigen an vielen Stellen durch ihre Lage noch den früheren Zusammenhang mit den Faserbündeln (Taf. V, Fig. 39 und 40). Die primären Xylemstränge sind viel weniger stark verholzt als das sekundäre Xylem. Dieselben zeigen zwar mit Phloroglucin und Salzsaüre die Holzreaktion, färben sich aber mit Chlorzinkjod blau und heben sich dann vom sekundären Xylem und von den umgebenden Markzellen scharf ab. An den Xylemsträngen und zwischen denselben am sekundären Xylem schliesst sich die dünne Schicht von Markzellen an, welche die zentrale Höhle umgibt.

Die Markzellen haben nach und nach ihre Stärke verloren und die Wände fangen sich zu verdicken und zu verholzen an, zuerst zeigen dies diejenigen Zellen, welche die primären Xylemstränge in einem Halbkreis umgeben, bis dieser Prozess schliesslich alle Markzellen oder alle, ausgenommen die innersten, ergriffen hat. In den verdickten Membranen finden sich dann ovale Tüpfel vor.

Wir haben jetzt gesehen, wie nach und nach der ganze Stengel sich entwickelt, wie die primären, vom Vegetationskegel gebildeten Gewebe wachsen und in den Dauerzustand übergehen und wie durch das sekundäre Wachstum andere Gewebe hinzugefügt werden. Die Figuren 39 und 40, Taf. V geben eine Übersicht der verschiedenen Gewebe im Querschnitt eines erwachsenen, ungefähr mitteldicken und eines erwachsenen, ausserordentlich dicken Stengels, in $^1/_4$ ihrer Höhe.

Wo im vorhergehenden vom sekundären Wachstum und die Folgen desselben die Rede war, bezog sich das Gesagte selbstverständlich mehr auf den basalen Teil des Stengels, wo der sekundäre Zuwachs indertat einigermassen bedeutend ist.

Die Entwicklung des Leinstengels, wie sie oben beschrieben wurde, ist im grossen und ganzen bei allen Pflanzen dieselbe, sowohl bei kurzen und langen, dünnen und dicken Individuen derselben Kultur wie bei Pflanzen, welche von verschiedenem Boden, geeignetem oder ungeeignetem, stammen. Die im Stengel vorhandenen Gewebe und deren gegenseitige Lage zu einander sind bei allen Pflanzen die nämlichen. Nur die Grösse und die Anzahl der verschiedenen Gewebe und Elemente und weiter die chemische Beschaffenheit der Zellwände der Fasern und die Form derselben, besonders an der Basis des Stengels, geht bei dicken und dünnen Pflanzen und beim Flachs von verschiedenem Boden auseinander. Letzteres werde ich im Kapitel über die Faser behandeln.

Während wir also die Entwicklung des Stengels von der Keimung an bis zum erwachsenen Stadium Schritt für Schritt verfolgt haben, will ich jetzt noch einiges mitteilen über die Entwicklung, den erwachsenen Zustand und über das Wachstum des Stengels, welches sich in die Entwicklungsgeschichte, wie sie hier gegeben wurde, weniger gut unterbringen liess.

Die Weise, in welcher die Gewebe aus dem Vegetationskegel hervorgehen und sekundäre hinzugefügt werden, ist in jeder Höhe des Stengels dieselbe, nur die Geschwindigkeit, mit der die verschiedenen Entwicklungsstadien aufeinanderfolgen, ist an verschiedenen Zeitpunkten des Lebens der Pflanze eine verschiedene. Die Ausbildung von Epidermis, Rinde, Faserbündel, Phloëm- und Xylemstränge und des Markes findet immer innerhalb 1 mm vom Wachstumsscheitel statt, geht also so schnell vor sich, dass Unterschiede darin nicht leicht beobachtet werden können. Dagegen lehrt die Beobachtung, dass der geschlossene Kambiumring bei sehr jungen Pflanzen schon in geringerer Entfernung von der Spitze des Vegetationskegels ausgebildet ist als bei älteren Pflanzen. Bei einem Pflänzchen von etwa 4 cm ist der Kambiumring schon in einer Entfernung von weniger als 3 cm vom Vegetationsscheitel sichtbar, bei Pflanzen von 28 bis 40 cm Länge aber erst in einer Entfernung von 5 oder mehr cm. Dergleiche Unterschiede findet man beim Auftreten der Verdickung der Fasermembran. Auch die Stomata treten bei sehr jungen Pflanzen in geringerer Entfernung vom Wachstumsscheitel auf als bei älteren und ebenfalls ist bei ersteren die Verholzung der primären Xylemelemente früher nachweisbar.

Wir sehen also, dass der Leinstengel sich in der allerersten Jugend schneller entwickelt als später, so dass der ausgebildete Zustand an der Basis relativ früher erreicht wird als in grösserer Höhe. Dieses ist biologisch begreiflich, denn an der Basis hat die Pflanze ein grösseres Bedürfnis schnell den erwachsenen Zustand zu erreichen und genügende Festigkeit zu erlangen.

Untersucht man ältere Pflanzen gegen das Ende ihres Längenwachstums, so findet man die aufeinanderfolgenden Entwicklungsstadien wieder näher aneinander und in geringerer Entfernung von der Spitze des Vegetationskegels gerückt. Hier liegt aber ein ganz anderer Grund für diese Tatsache vor. In diesem Stadium hat sich der Wachstumsscheitel nämlich schon längst zur Blüte umgebildet und die aufeinanderfolgenden Entwicklungsstufen erreichen nun eine nach der anderen die Spitze. Der an der Basis zuerst erreichte erwachsene Zustand schreitet allmählig von unten her gegen den Gipfel hin, bis schliesslich der ganze Stengel erwachsen ist.

Im erwachsenen Zustand zeigt der Stengel, wie ich schon früher bemerkte, an allen Stellen im allgemeinen den nämlichen Bau. Nur die absoluten Werte der Grösse und Anzahl verschiedener Gewebe und Elemente sind an verschiedenen Punkten verschieden. Diesen Gegenstand werde ich im folgenden Kapitel ausführlich behandeln.

In der Nähe der Frucht weicht der Bau des Stengels aber von dem beschriebenen ab. Etwa 4 bis 5 cm unterhalb der Frucht, wo das sekundäre Xylem einen noch einige Zellen breiten Ring bildet, weisen die grossen, zwischen den Phloëmbündeln liegenden, im übrigen Stengelteil dünnwandigen Zellen der Markverbindungen eine Verdickung und Verholzung der Membran auf. Jede dieser Markverbindungen schliesst sich den radialen Seiten zweier benachbarten Faserbündel an. Auch mehrere Faserzellen, besonders die innersten der Bündel, zeigen an dieser Stelle eine Verholzung. Nach oben zu wird der sekundäre Zuwachs stets geringer und in einer Entfernung von etwa 2 cm von der Kapsel findet sich kein interfascikulares Kambium mehr vor. Demzufolge bildet das Xylem dort keinen geschlossenen Ring mehr und das Mark tritt durch die Markverbindungen mit je zwei Faserbündeln in Zusammenhang. Die durch eine dünne Schicht sekundären Gewebes getrennten, primären Xylem- und Phloëmstränge oder die sich stellenweise im Kreise vorfindenden, vereinzelten Phloëmbündel heben sich scharf vom umgebenden Gewebe ab. Allseitig sind dieselben von dickwandigen, verholzten Elementen umgeben, innen von Markzellen, beiderseits von den Zellen der Markverbindungen und aussen vom Faserbündel (Taf. IV, Fig. 18). Noch etwas höher ist selbst kein fascikular gebildeter, sekundärer

Zuwachs mehr wahrnehmbar; der Stengel besteht dort bloss aus primärem Gewebe. Während das sekundäre Xylem geringer wird und verschwindet, ergreift die Verholzung nach und nach alle Fasern, welche dazu enge aneinander schliessen. Sie bilden dann keine getrennten Bündel mehr, sondern eine zusammenhängende Schicht, welche mit dem verholzten, meistens intakten, Mark und den verholzten Markverbindungen ein festes, einheitliches Gewebe bildet, in dem die Gefässbündel und die vereinzelten Phloëmstränge im Kreise angeordnet liegen (Taf. IV, Fig. 20).

Auch die Rinde weist im obersten Stengelteil eine Veränderung auf. Die in der unteren und mittleren Region des Stengels, infolge des sekundären Zuwachses, stark zusammengepressten Rindenzellen zeigen etwa 5 cm unterhalb der Kapsel eine abgerundete Form und bis zur Frucht nimmt die Grösse der Interzellularen und die Breite der Rindenschicht zu. Ungefähr $1^1/_2$ mm unterhalb der Kapsel ist die Wand der äussersten, an die Epidermis grenzenden Rindenzellen ebenso wie die der Epidermiszellen selbst verdickt.

Aus dem Mitgeteilten geht hervor, dass im erwachsenen Stengel der Bau des obersten Teils erheblich abweicht. Infolge des Fehlens des sekundären Wachstums würde dem Stengel die zum Tragen der Kapsel erforderliche Festigkeit fehlen. Die Festigkeit gebende Rolle des sekundären Holzes ist aber an dieser Stelle vom primären Gewebe, durch eigentümliche Ausbildung desselben, übernommen.

Beim oben beschriebenen Studium der Entwicklungsgeschichte des Stengels fand ich in Präparaten aus Alkoholmaterial stammend oft Sphärokristalle von Calciumphosphat. Ich erwähne dieses, weil die Verbreitung der Sphärokristalle von Calciumphosphat keine sehr allgemeine ist, und, so viel mir bekannt, dieselben bei *Linum* bis jetzt noch nicht nachgewiesen wurden. Diese Sphärokristalle kommen nicht immer in der Flachspflanze vor. Ich beobachtete dieselben aber gelegentlich in allen Entwicklungsstadien, vom Zeitpunkt an, an dem das Pflänzchen nur einige wenigen cm lang war bis nach der Vollreife. Vorwiegend und in grösserer Menge treten dieselben an der Basis auf, sie finden sich aber in jeder Stengelhöhe und in allen Geweben desselben, obgleich am meisten im Mark und in der Rinde. Sie bilden meist gelbliche bis bräunliche, kugelige Körper, gewöhnlich aus mehreren Teilen zusammengesetzt und von sehr verschiedener Grösse (Taf. II, Fig. 4). Dieselben weisen die von ZIMMERMANN [1]) angegebenen, für die Sphärokristalle von Calciumphosphat charakteristischen Merkmale und Reaktionen auf. Sie

[1]) A. ZIMMERMANN, Die botanische Mikrotechnik. 1892.

lösen sich in kaltem Wasser, Ammoniak, Salzsäure, Salpetersäure, Schwefelsäure und nach einiger Zeit in Glycerin.

Werden Stengelschnitte in 1°/₀ Schwefelsäure gelegt, so scheiden sich nach einiger Zeit Gipsnadeln im Präparat und in der Flüssigkeit aus. Mit 66°/₀ Schwefelsäure schnell erhitzt, bleibt bei der Bildung der Gipsnadeln die Gestalt der Sphärokristalle dagegen erhalten. Diese sind dann aber undurchsichtig und erscheinen infolgedessen im durchfallenden Lichte schwarz, im auffallenden weiss. Nach dem Veraschen der Schnitte durch Glühen auf dem Objektglase entstehen nach Zusatz von Salpetersäure-molybdänsaurem Ammon kleine, gelb gefärbte Kristalle. Geht die Reaktion langsam vor sich, so zeigen die Kristalle deutlich die für diese Reaktion auf Phosphaten charakteristische Kombination von Oktaeder und Würfel, meistens aber springt die Kristallform weniger deutlich in die Augen und ist die Gestalt eine fast kugelige.

§ 2. Einige Beobachtungen über das Längenwachstum des Stengels.

Nachdem wir jetzt die Entwicklung und den Bau des Stengels kennen gelernt, will ich noch einiges über das Längen- und das Dickenwachstum mitteilen.

Anfangs, im sehr frühen Jugendstadium der Pflanze, sind nur primäre Gewebe vorhanden; die Zunahme der Länge und der Dicke beiden ist dann nur eine Folge primären Wachstums. Darauf folgt ein Stadium, in dem die Dicke an der Basis schon durch sekundäres Wachstum zunimmt, während das junge Stengelchen sich noch in seiner ganzen Länge streckt. Später hört das Längenwachstum an der Basis auf und beschränkt es sich auf den oberen Teil, während der ganze Stengel fortfährt in die Dicke zu wachsen, im basalen Teil nun ausschliesslich sekundär. Beim fortdauernden Spitzenwachstum gibt es ein immer grösser werdender unterer Stengelteil, der sich nicht mehr streckt, bis schliesslich, infolge der Anlage der Blüte, an der Spitze keine neuen Gewebe mehr gebildet werden und die Streckung auch im oberen Stengelteil nach und nach aufhört. Das Längenwachstum ist dann geendigt. Zur Zeit, als die Frucht sich eben zu bilden anfängt, streckt der Stengel sich nicht mehr. Das sekundäre Dickenwachstum dauert aber dann noch einige Zeit fort.

Nach Untersuchungen von HAVENSTEIN[1]), der diesen Gegenstand eingehender studiert hat, nimmt die Dicke nach vollendetem Längenwachstum noch

[1]) G. HAVENSTEIN, l. c. S. 36.

etwa während 15 Tage zu, aber bevor die Vollreife eingetreten ist, wenn die Samen sich zu färben anfangen, hört auch das Dickenwachstum auf.

Über die Längenzunahme in verschiedenen Stadien der Entwicklung der Pflanze habe ich einige Beobachtungen gemacht, die ich hier kurz mitteilen will. Derartige Untersuchungen über die Längenzunahme eines ganzen Stengels wurden zuèrst von HARTING[1]) getan und seine Beobachtungen lehren, dass der Zuwachs des Stengels eine grosse Periode zeigt. Um diese grosse Periode des Zuwachses beim Flachsstengel kennen zu lernen, habe ich vom Zeitpunkt an, an dem die jungen Stengelchen eben aus den Kotyledonen hervorgegangen waren, bis zur Ernte mit Intervallen von einigen Tagen jedesmal einige Pflanzen geerntet und deren Stengellänge gemessen. Ich wählte dazu stets die augenscheinlich mittellangen Individuen aus, weil dann eine geringe Anzahl von Messungen genügte um wenigstens einigermassen eine Einsicht in den Vorgang der Längenzunahme zu gewinnen.

Der Unterschied der mittleren Länge an zwei aufeinanderfolgenden Data gibt im Durchschnitt die Längenzunahme der Pflanzen der beobachteten Kultur an. Dieser Unterschied durch die Anzahl der Tage, welche die betreffenden Beobachtungen auseinander liegen, dividiert, lehrt die absolute Zunahme pro Tag kennen. Diese Berechnung ist nur annäherend genau, weil auch innerhalb jedes Intervals die Zunahme an verschiedenen Tagen verschieden sein wird. Für unseren Zweck einer allgemeinen Orientierung genügt dieselbe aber. Um die relative Zunahme pro Tag zu berechnen, muss die absolute tägliche Zunahme durch die schon erreichte Länge dividiert werden. Die in einem Interval erreichte Länge ist aber weder diejenige am Anfang, noch die am Ende desselben, und ich habe deshalb das Mittel beider Werte genommen, obgleich auch dieses Verfahren nicht mathematisch genau ist.

Die folgende Tabelle bezieht sich auf Flachs aus dem botanischen Garten, von der dichtgesäten Kultur auf fettem Boden stammend. Die Aussaat geschah am 11. April, die Ernte fand am 23. Juli statt, die Pflanzen hatten also 103 Tage zu ihrer Entwicklung gebraucht. Im Durchschnitt wird für den Lein in hiesiger Gegend 100 Tage gerechnet.

[1]) P. HARTING, Waarnemingen over den groei der planten en de omstandigheden, die daarop invloed hebben. Tijdschr. voor natuurl. Gesch. en Physiol., uitgeg. door v. D. HOEVEN en DE VRIESE, 1842, Deel IX, S. 310.

Tabelle 12.

1904, Datum.	Anzahl der Tage seit der Aussaat.	Stengel-länge.	Absolute Zunahme der Länge.	Absolute Zunahme der Länge pro Tag.	Relative Zunahme pro Tag in Teilen der schon erreichten Länge.
11. April.	0	0 cm			
			0,1 cm	0,04 cm	
7. Mai.	26	0,1 „			
			0,7 „	0,12 „	0,27
13. „	32	0,8 „			
			3,2 „	0,64 „	0,27
18. „	37	4 „			
			16 „	1,23 „	0,103
31. „	50	20 „			
			20 „	3.33 „	0,111
6. Juni.	56	40 „			
			10 „	2,50 „	0,055
10. „	60	50 „			
			22 „	2,00 „	0,033
21. „	71	72 „			
			6 „	0,46 „	0,006
4. Juli.	84	78 „			
			2 „	0,20 „	0,002
14. „	94	80 „			
			0 „	0 „	0
23. „	103	80 „			

Die fünfte Spalte der Tabelle lehrt die grosse Periode des Zuwachses kennen. Es ergibt sich hieraus, dass die absolute Zunahme der Länge anfangs gering ist, darauf bedeutend steigt und dann wieder kleiner wird bis das Längenwachstum geendigt ist. Das Maximum der Periode liegt zwischen 31. Mai und 6. Juni, es findet dann die grösste Streckung statt, während die Pflanze ungefähr eine Länge von 20 cm erreicht hat. Die Pflanze wächst dann im Durchschnitt mehr als 3 cm pro Tag. Auch in den darauffolgenden Tagen ist die tägliche Zunahme noch bedeutend. Zu dieser Zeit ist die Blüte bereits angelegt, in Pflanzen von 20—30 cm Länge ist dieselbe schon mikroskopisch nachzuweisen.

Innerhalb der angegebenen Periode der grössten Streckung kann die Längenzunahme pro Tag noch bedeutend variieren. Dies lehrten täglige Messungen der Pflanzen auf dem Felde. Es ergab sich dabei, dass obgleich die mittlere Zunahme in diesem Zeitraum ungefähr 3 cm beträgt, es Tage

gibt, an denen das Wachstum viel ansehnlicher ist. Die grösste Längenzunahme, welche ich beobachtete, betrug sogar mehr als 10 cm an einem Tage.

Indem das Obengesagte sich auf das Verhalten des Stengelzuwachses bezieht, bleibt noch die Frage offen, wie gross die Wachstumsgeschwindigkeit in verschiedenen Stadien ist. Ich habe darüber keine ausführlichen Untersuchungen getan. Messungen an wachsenden Pflanzen auf dem Felde ausgeführt, ergaben aber, dass die Länge der sich streckenden Zone beim Flachsstengel, in verschieden Stadien der Entwicklung desselben, ziemlich dieselbe ist und 3—6 cm, im Durchschnitt etwa 5 cm beträgt. Weil nun der wachsende Teil stets ungefähr dieselbe Länge hat, ist die grosse Periode der Wachstumsgeschwindigkeit derjenigen des Zuwachses des Stengels ähnlich und die Zahlen der fünften Spalte geben also auch das Verhalten der Wachstumsgeschwindigkeit während der Ausbildung des Stengels an.

In der sechsten Spalte habe ich die relative Zunahme pro Tag hinzugefügt. Diese wird vom Anfang an bis zum vollendenten Längenwachstum fortwährend geringer. Nur zur Zeit, als der Stengel im absoluten Sinne am meisten wächst, ist das relative Wachstum ein wenig grösser als zuvor.

In derselben Weise, wie oben angegeben, untersuchte ich das Längenwachstum bei Flachspflanzen, die auf anderen Böden kultiviert wurden, nämlich beim Flachs der dichtgesäten Kultur auf magerer Erde im botanischen Garten und beim Flachs auf den Äckern in Usquert und in Sappemeer. Bei allen erhielt ich ganz die nämlichen Resultate wie oben, das Maximum der grossen Periode des Zuwachses fiel bei allen drei in der ersten Hälfte des Monats Juni. Nur die absolute Zunahme pro Tag war selbstverständlich geringer beim kürzeren Flachs der mageren Erde und des Ackers in Sappemeer, weil die Entwicklungsdauer bei allen Kulturen ziemlich genau dieselbe war.

Im allgemeinen ergibt sich also, dass die absolute Längenzunahme anfangs grösser wird, in der ersten Hälfte des Monats Juni ein Maximum erreicht und darauf wieder abnimmt, während die relative Längenzunahme vom Anfang an bis zum vollendeten Längenwachstum fortwährend geringer wird.

Ob das Maximum der Streckung in allen Jahren, oder nur in 1904, in welchem Jahre diese Beobachtungen gemacht wurden, in der ersten Hälfte des Monats Juni fällt, kann ich nicht sagen. Es ist möglich, dass durch das Wetter, das einen so grossen Einfluss auf die Leinpflanze, besonders auch auf die Stengellänge, ausübt, das Auftreten dieses Maximums erheblich verschoben werden kann, sogar ausserhalb des genannten Zeitraumes, obgleich dieser 15 Tage umfasst.

Die Zunahme der Dicke des Stengels geht viel unregelmässiger vor sich als die der Länge. Es treten mehrere Faktoren auf, welche die Dickenzunahme bedingen, zuerst das primäre Dickenwachstum, darauf das sekundäre Wachstum und, während letzteres stattfindet, das Zusammenpressen der peripherischen Stengelteile. Demzufolge gibt es einen Augenblick, an dem, des kräftigen sekundären Wachstums ungeachtet, der Stengeldurchmesser dennoch nicht zunimmt. Bald darauf wird die Dickenzunahme aber wieder sichtbar.

§ 3. **Die Mikrographie des erwachsenen Stengels.**

Am Ende dieses Kapitels werde ich nun eine Beschreibung des mikroskopischen Baues des erwachsenen Stengels hinzufügen um den Leser auf diese Weise eine übersichtliche Darstellung dieses Gegenstandes zu bieten. Diese Beschreibung ist angefertigt nach derselben Methode, welche bei der Beschreibung des Holzes der Javanischen Holzarten [1]) im hiesigen Laboratorium angewendet wird.

Die Beschreibung bezieht sich nicht auf bestimmte Präparate wie Quer- und Längsschnitte, sondern ist eine Zusammenfassung der an Quer-, Tangential-, und Radialschnitten gemachten Beobachtungen. Dadurch wird eine körperliche, perspektivische Darstellung des mikroskopischen Baues des Stengels und dessen Gewebe und Elemente erhalten. In der Beschreibung sind hier die mikroskopische Anatomie, die Histologie und die Cytologie miteinander verbunden, so dass aus derselben zugleich mit dem anatomischen Bau des Stengels die histologische und cytologische Beschaffenheit der verschiedenen, ihn zusammensetzenden Gewebe und Elemente hervorgeht. Die Beschreibung ist der Übersichtlichkeit halber möglichst kurz gehalten.

Die in der folgenden Beschreibung aufgenommenen Angaben über Grösse und Anzahl der Elemente sind meistens durch das Messen oder Zählen einiger wenigen, augenscheinlich mittleren Fällen bestimmt worden, sie beanspruchen keinen höheren Wert als um das Verständnis der Gestalt und der Verbreitung der Gewebe und Elemente zu erleichtern. Einige auf einer grösseren Anzahl von Beobachtungen gestützten Angaben sind den beiden folgenden Kapiteln entnommen. Obgleich ich dadurch auf die Resultate dieses Teils der Untersuchung in einigen Punkten ein wenig vorausgreife, so zog ich es doch vor diese Mikrographie hier einen Platz zu geben und sie nicht am Ende der ganzen Arbeit zu stellen. Ferner war es mein Bestreben diese

---

[1]) J. W. Moll und H. H. Janssonius, Mikrographie des Holzes der auf Java vorkommenden Baumarten. Leiden, 1906.

Beschreibung so allgemein wie möglich zu machen, so dass man in derselben nicht nur die verschiedenen Regionen des einzelnen Stengels, sondern auch Stengel sehr verschiedener Dicke und Länge berücksichtigt finden wird.

Bei den Angaben der verschiedenen Masse der Elemente ist die radiale Richtung durch die Buchstabe *R*, die tangentiale durch *T* und die Längsrichtung durch *L* angedeutet.

In Fig. 1 ist eine topographische Darstellung eines Querschnittes in etwa $^1/_4$ der Höhe eines mitteldicken Stengels gegeben.

1. *Material.* Trocknes, geröstetes, Alkohol- und 1 $^\circ/_0$ Chromsäurematerial; untersucht wurden mehr oder weniger ausführlich mehr als 100 Stengel verschiedener Länge und Dicke, auf verschiedenen Böden und mit verschiedener Saatdichte kultiviert.
2. *Präparate.* Quer-, Radial- und Tangentialschnitte; Mazerationspräparate der Faserschicht.
3. *Reagentien.* Wasser, Alkohol, Glycerin, Schwefelsäure 1 $^\circ/_0$, Schwefelsäure 66 $^\circ/_0$, konzentrierte Schwefelsäure, Salzsäure, Salpetersäure, Chromsäure verschiedener Konzentration, Jodjodkalium, Jodchloralhydrat, Jodjodkalium und Schwefelsäure 66 $^\circ/_0$, Chlorzinkjodium, Kupferoxydammoniak, Phloroglucin und Salzsäure, Schwefelsäures Anilin, Kaliumpermanganat-Salzsäure und Ammoniak (Mäules Reaktion), Salpetersäure-molybdänsäures Ammon (Reaktion auf Calciumphosphat), Methylenblau, Rutheniumrot.

MIKROGRAPHIE.

1^a. **EPIDERMIS** (*E*) einschichtig; mit 30 bis 40 Stomata pro qmm; ohne Trichomata. In sehr dicken Stengeln jede Epidermiszelle durch dünnere Querwände in 2 bis 5 übereinander stehende kurze Zellen geteilt. An der Basis sehr dicker Stengel die Epidermis stellenweise zerrissen; die den Riss umgebenden Epidermiszellen oft durch radiale Wände geteilt.

2^a. *Epidermiszellen.* Bei Stengeln der gewöhnlichen dichtgesäten Kulturen: R. 14—16 μ, T. 18—40 μ, L. 120—250 μ, bei sehr dicken Stengeln: R. 20—24 μ, T. 40—100 μ, L. 30—100 μ; nur bei sehr dicken Stengeln mit geteilten Zellen der tangentiale Durchmesser bisweilen ebensogross oder grösser als die Länge; vierseitige Prismen mit längsgerichteter Achse; Aussenwand meistens eben, in

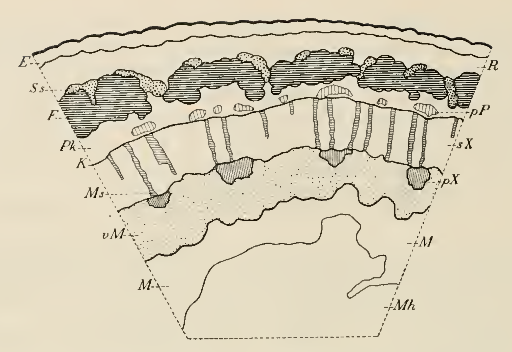


Fig. 1. Topographische Darstellung eines Querschnittes durch einen mitteldicken Stengel in etwa $^1/_4$ der Höhe. *E* Epidermis, *R* Rinde, *Ss* Stärkescheide, *F* Fasern, *Pk* Perikambium, *pP* primäres Phloëm, *K* Kambium, *sX* sekundäres Xylem, *Ms* Markstrahlen, *pX* primäres Xylem, *vM* verholztes Mark, *M* Mark, *Mh* Markhöhle.
Vergr. 124 Mal.

einzelnen Stengeln, zumal an der Basis papillenartig gewölbt; Querwände meistens mehr oder weniger in tangentialer Richtung geneigt, in sehr dicken Stengeln meistens horizontal. Wände: die Wände, ausgenommen die etwas dickere Aussenwand, gleich dick, die Querwände bei sehr dicken Stengeln mit geteilten Zellen dünner; Cuticula vorhanden; die Wände der die obengenannten Risse umgebenden Epidermiszellen verkorkt oder verholzt; einfache Tüpfel wo die Zellen aneinander und an andere Zellen grenzen. Inhalt: spärliche Protoplasmareste.

2^b. *Stomata.* Bei gewöhnlichen Stengeln die Länge meistens etwas grösser als die Breite, bei sehr dicken Stengeln die Breite bedeutend grösser; bisweilen Stärke in den Schliesszellen.

1^b. **PRIMÄRE RINDE** (*R*) aus 2 bis 8 Zellschichten bestehend. Der äussere 1- bis 7-schichtige Teil aus eigentlichem Rindenparenchym gebildet, die einschichtige, zu Stärkescheide ausgebildete Endodermis umgebend. Rindenparenchym meistens 2 bis 5 Zellen dick und in radialer Richtung zusammengepresst, im oberen Stengelteil

aber 4 bis 7 Zellen dick und nicht zusammengepresst. Die Zellen der äussersten Zellschicht lückenlos aneinander schliessend und in ihrer Lage mit den Epidermiszellen abwechselnd. Zwischen den übrigen Zellen viele tangential gestreckten, in radialer Richtung schmalen Interzellularen, diese im oberen Stengelteil grösser und nicht radial zusammengepresst. An der Basis sehr dicker Stengel das Rindengewebe stellenweise zerrissen, die den Riss umgebenden Zellen durch Teilung vermehrt. Endodermis in jungen Stengeln vorhanden als ununterbrochene, in der Längsrichtung wellenförmig gebogene Schicht von Stärkescheidezellen, später, sehr wahrscheinlich infolge des sekundären Dickenwachstums, welches ausgedehnte Verschiebungen der Rindenzellen verursacht, in Längsstreifen geteilt, welche in tangentialer Richtung eine bis einige Zellen breit sind und zwischen denen sich Zellen des inneren Rindenparenchyms befinden.

2^a. *Rindenparenchymzellen.* Bei Stengeln der gewöhnlichen dichtgesäten Kulturen: R. 4—15 μ, T. 15—35 μ, L. 50—80 μ, bei sehr dicken Stengeln: R. 4—15 μ, T. 50—100 μ, L. 30—100 μ; der tangentiale Durchmesser der äussersten Zellschicht dem der Epidermiszellen ähnlich, die übrigen Zellen schmäler. Ausgenommen in sehr dicken Stengeln, längsgestrekte meistens vierseitige Prismen; an der Basis der Stengel der gewöhnlichen Kulturen und besonders in sehr dicken Stengeln meistens in radialer Richtung zusammengepresst und in tangentialer Richtung gestreckt, die inneren Zellen auf dem Querschnitt mehr oder weniger unregelmässig gestaltet; im oberen Stengelteil der radiale und tangentiale Durchmesser ungefähr gleich gross und die Längskanten abgerundet. Wände der äussersten Zellen dicker als die der übrigen, besonders im oberen Stengelteil; bisweilen getüpfelt. Inhalt: mehr oder weniger Protoplasmareste; in Alkoholmaterial bisweilen Sphärokristalle von Calciumphosphat.

2^b. *Stärkescheidezellen* (*Ss*). Bei Stengeln der gewöhnlichen Kulturen: R. 6—40 μ, T. 25—50 μ, L. 35—70 μ, bei sehr dicken Stengeln: R. 8—50 μ, T. 60—80 μ, L. 30—60 μ. In tangentialer Richtung etwas längsgestreckt prismatisch. Inhalt: ovale bis runde, einfache Stärkekörner, 2 bis 5 μ in Durchmesser.

1[c]. **ZENTRALZYLINDER.**

2[a]. **Perikambium** (*Pk*) aus 1 bis 7 Schichten von Parenchymzellen gebildet; in diesem Parenchym ein einziger Kreis von an die Stärkescheide grenzenden Faserbündeln, 15 bis 40 an der Zahl, je nach der Höhe am Stengel und der Stengeldicke; zwischen den Faserbündeln je eine radiale Reihe von 1 bis 3 Parenchymzellen zu Stärkescheidezellen ausgebildet und sich an der Endodermis anschliessend, so dass die ganze Stärkescheide einen längswellig gebogenen, ununterbrochenen Zylindermantel mit nach innen zu vorspringenden Leisten bildet. Faserbündel seitlich anastomosierend, dadurch einen zusammenhängenden Zylindermantel bildend, in welchem zwei Arten von Maschen sich unterscheiden lassen: 1. schmälere 8 bis 30 μ breite, aber im unteren Teil, besonders sehr dicker Stengel, etwas breitere, 1 mm bis mehrere cm hohe, und 2. viel breitere, durch welche eine Blattspur in den Stengel eintritt. Anzahl der Fasern auf dem Querschnitt der Bündel 1 bis 30, je nach der Höhe am Stengel und der Stengeldicke; die Spitzen der nebeneinander liegenden Fasern in ungleicher Höhe.

3[a]. *Gewöhnliche Parenchymzellen*. Bei Stengeln der gewöhnlichen Kulturen: R. 6—50 μ, T. 25—50 μ, L. 35—70 μ, bei sehr dicken Stengeln der radiale und tangentiale Durchmesser grösser, aber der Längsdurchmesser oft kleiner, 25—50 μ. Die Zellen zwischen den Faserbündeln auf dem Querschnitt unregelmässig gestaltet, der radiale Durchmesser meistens grösser als der tangentiale. Die Zellen an der Innerseite der Faserbündel oft tangential ausgedehnt. Wände: Interzellularen kommen vor, aber selten. Inhalt: Protoplasmareste, bisweilen Stärke.

3[b]. *Stärkescheidezellen* (*Ss*). Man vergleiche die Endodermiszellen, nur ist hier der radiale Durchmesser grösser und der Querschnitt von unregelmässiger Gestalt.

3[c]. *Fasern* (*F*). R. 4—120 μ, T. 4—200 μ, L. 1—120 mm, häufiger Wert: R. und T. 20—25 μ, L. 20—30 mm. Längsgestreckt spindelförmig, meistens beiderseits mit scharf zugespitzten Enden, bisweilen die Zellenden abgerundet, bisweilen mit lokalen Anschwellungen; auf dem Querschnitt meistens scharf drei- bis siebenseitig, im unteren und oberen Stengelteil abgerundet, oval, oft mit einspringenden Ecken, in der unmittelbaren Nähe der Frucht aber vieleckig. Wände: stark verdickt, meistens das Lumen fast

ganz verschwunden, im unteren und oberen Stengelteil das Lumen grösser; Schichtung und Streifung; die sekundären Verdickungsschichten meistens nur aus Cellulose bestehend, Mittellamellen und Verdickungsschichten bisweilen mehr oder weniger verholzt. Inhalt: Protoplasmareste, bisweilen Stärke.

2^b. **Primäres Phloëm** (pP) und **äussere Teile der Markverbindungen.**
Phloëmstränge in einem einzigen Kreise angeordnet; die Zahl verschieden, je nach der Höhe am Stengel und der Stengeldicke, aber meistens mehr als 1 Phloëmstrang jedem Faserbündel entsprechend. Jeder Phloëmstrang aus einer Gruppe von 2 bis 10 Siebgefässen und Geleitzellen bestehend; Elemente: R. und T. 3—10 μ. Inhalt: Protoplasmareste.
Markverbindungen aus Parenchym bestehend, dieses teilweise in Grösse und Form der Zellen sich dem Perikambiumparenchym zwischen den Faserbündeln anschliessend, teilweise dem Perikambiumparenchym auf der Innenseite der Faserbündel ähnlich, dann aber mit geringerem Querdurchmesser der Zellen.

2^c. **Sekundäres Phloëm** äusserst dürftig entwickelt, höchstens, sogar in sehr dicken Stengeln, eine Schicht von 4 bis 5 Zellen Dicke bildend, stellenweise, selbst im unteren Stengelteil, fehlend, die dünne Schicht meistens in radialer Richtung zusammengepresst. Elemente: R. 3—6 μ, T. 5—20 μ.

2^d. **Kambium** (K) zu sekundärem Gewebe ausgebildet.

2^e. **Sekundäres Xylem** (sX) eine Schicht sehr verschiedener Dicke bildend, je nach der Höhe im Stengel und der Stengeldicke; im oberen Stengelteil ganz fehlend. Aus Gefässen, Fasertracheiden und Markstrahlenparenchym in ungefähr gleicher Häufigkeit gebildet. Gefässe zahlreich, nach aussen zu etwas weniger zahlreich werdend; meistens gruppenweise in radial angeordneten Reihen liegend, bisweilen vereinzelt; die Gruppen nach aussen zu weniger zahlreich werdend. Oft auf einer oder auf beiden radialen Seiten an Markstrahlen grenzend, übrigens von Fasertracheiden umgeben. Fasertracheiden in radialen Reihen. Markstrahlen zahlreich, grosse und kleine; 1- bis 3-schichtig, 3 bis so viele Zellen hoch, dass die oberen und unteren Grenzen in den Präparaten nicht vorkommen. Nach aussen zu der radiale Durchmesser der Zellen kleiner werdend.

3^a. *Gefässe.* Bei Stengeln der gewöhnlichen Kulturen: R. 10—18 μ,

T. 14—20 μ, die Gefässglieder L. 200—500 μ, bei sehr dicken Stengeln: R. 18—25 μ, T. 18—28 μ, die Gefässglieder L. 150—300 μ. Fünf- bis achtseitige Prismen mit längsgerichteter Achse und abgerundeten Kanten oder elliptische und Kreiszylinder, gegenseitig abgeplattet wo sie aneinander grenzen. Querwände ziemlich schief geneigt, rundlich oder oval perforiert, die stehengebliebenen Ringe ziemlich breit. Wände dick 2 μ; mit Hoftüpfeln wo sie aneinander grenzen, die Höfe klein; mit Hoftüpfeln wo sie an Fasertracheiden grenzen, die Hoftüpfel hier weniger zahlreich, übrigens ungefähr wie die vorhergehenden; mit einseitigen Hoftüpfeln wo sie an Markstrahlzellen grenzen, die einseitigen Hoftüpfel übrigens ungefähr wie die zweiseitigen.

3^b. *Fasertracheiden.* Bei Stengeln der gewöhnlichen Kulturen: R. 12—18 μ, T. 8—12 μ, L. 300—500 μ, bei sehr dicken Stengeln: R. 15—20 μ, T. 10—13 μ, L. 200—400 μ. Vier- bis achtseitig. Wände dick $1^1/_2$ μ; mit Hoftüpfeln wo sie an Gefässe grenzen, man sehe die Beschreibung der Gefässe; mit ebenso zahlreichen Hoftüpfeln wo sie aneinander grenzen, die Höfe klein; mit einseitigen Hoftüpfeln wo sie an Markstrahlzellen grenzen, die einseitigen Hoftüpfel wie die zweiseitigen.

3^c. *Markstrahlzellen.* Bei Stengeln der gewöhnlichen Kulturen: R. 10—15 μ, T. 4—7 μ, L. 70—150 μ, bei sehr dicken Stengeln: R. 15—30 μ, T. 8—10 μ, L. 40—120 μ. In der Längsrichtung gestreckte vier- bis achtseitige Prismen, sogenannte aufrechte Markstrahlzellen. Wände dick 1 μ; mit einseitigen Hoftüpfeln wo sie an Gefässe und an Fasertracheiden grenzen; mit einfachen Tüpfeln, zumal auf den tangentialen Wänden, wo sie aneinander grenzen.

2^f. **Primäres Xylem** (*pX*) und **innere Teile der Markverbindungen.**

Xylemstränge in einem Kreise angeordnet und vollkommen getrennt verlaufend; in ihrer Anzahl und Lage im allgemeinen den Faserbündeln entsprechend. Jeder Strang entspricht einer Blattspur, durchläuft mehrere Internodien, im mittleren Stengelteil 20 bis 35, und verjüngt sich nach unten zu durch Abnahme der Anzahl und der Grösse der Elemente. Die Elemente in jedem Strang ungefähr in radialer Richtung angeordnet, nach innen zu an Grösse abnehmend; der obere, stärker ausgebildete Teil des Stranges aus zwei oder mehreren radialen Reihen von Gefässen bestehend, durch Parenchymzellen getrennt. Die inneren Gefässe sind Spiralgefässe,

die äusseren Ring- und Netzgefässe. Die Gefässe in Stengeln der gewöhnlichen Kulturen: R. 5—15 μ, T. 5—15 μ, in sehr dicken Stengeln: R. 10—20 μ, T. 10—20 μ. Vier- bis sechsseitig oder rund; Wände dick 1 μ, Spiralwindungen in den innersten Gefässen am dichtesten.

Markverbindungen aus Parenchym bestehend, dem Marke ähnlich.

2[g]. **Mark** (*M*) meistens eine dünne Zellschicht, die grosse zentrale *Markhöhle* (*Mh*) umgebend, nur im oberen Stengelteil das Mark intakt; alle Durchmesser der Zellen von aussen nach innen zu grösser werdend. Im Markgewebe kleine Interzellularen, nach innen zu grösser werdend.

3[a]. *Markzellen*. R. 25—75 μ, T. 25—75 μ, L. 150—400 μ. Fünf- bis sechsseitige Prismen mit längsgerichteter Achse, bisweilen mit abgerundeten Kanten; die innersten unregelmässiger gestaltet. Wände der äusseren, im oberen Stengelteil aller Zellen, getüpfelt und verholzt, im unteren und mittleren Stengelteil die Wände der an die Markhöhle grenzenden, inneren Zellen dünn, weder getüpfelt noch verholzt. Inhalt: Protoplasmareste, bisweilen Sphärokristalle von Calciumphosphat.

SECHSTES KAPITEL.

Die quantitativen Gewebeverhältnisse an verschiedenen Stellen des Stengels und das periodische Verhalten des Vegetationskegels.

Im vorigen Kapitel haben wir gesehen in welcher Weise der erwachsene Stengel ausgebildet wird, welche primären Gewebe aus dem Vegetationskegel hervorgehen und welche Gewebe später durch sekundäres Wachstum hinzugefügt werden. Wir haben so die qualitativen Verhältnisse der Gewebe, wie sie im Stengel vorliegen, kennen gelernt. Es liegt nun die Frage nahe, wie sich die Elemente und Gewebe an verschiedenen Stellen des erwachsenen Stengels quantitativ verhalten. Die Beantwortung dieser Frage wird uns lehren, welchen Anteil an der Ausbildung des Stengels, an den verschiedenen Stellen desselben zwischen Basis und Spitze, die primären Gewebe haben, und wie gross der in diesen Punkten durch die Tätigkeit des Kambiums hervorgebrachte, sekundäre Zuwachs ist. Und weiter wird aus diesem Studium hervorgehen, welches das Verhältnis der verschiedenen vom Vegetationskegel gebildeten Gewebe an verschiedenen Zeitpunkten seiner Wirksamkeit ist. Dadurch wird es möglich sein eine Einsicht zu gewinnen in die Bildungstätigkeit des Vegetationskegels während der ganzen Entwicklung der Pflanze vom Keimungsstadium an bis zur Blüte.

Zu dieser Untersuchung wurden erwachsene, trockne Stengel verwendet, von verschiedenen Kulturen aus dem botanischen Garten und von den Äckern in Sappemeer und in Usquert stammend. Diese Stengel gehörten zum Material, welches zum Studium der makroskopischen Merkmale, im dritten Kapitel beschrieben, gedient hatte. Von jedem Stengel wurden an aufeinanderfolgenden Stellen zwischen Keimblattansatz und Spitze Querschnitte gemacht, an der Basis in einander sehr nahe liegenden Punkten, während höher am Stengel

die untersuchten Stellen weiter voneinander entfernt waren. Die lufttrocknen Stengel wurden zur leichteren Herstellung der Querschnitte während einiger Stunden in Wasser aufgeweicht und die Präparate in Phloroglucin und Salzsäure unter nachheriger Hinzufügung von Glycerin untersucht.

In jedem Querschnitt wurden darauf die verschiedenen Gewebe und Elemente gezählt oder gemessen. Aus den Beobachtungen, an den Querschnitten der verschiedenen, untersuchten Stengel gemacht, konnten aber keine Durchschnittszahlen berechnet werden, weil die Stengel ungleicher Länge waren und somit die Querschnitte in den untersuchten Punkten bei den verschiedenen Stengeln nicht miteinander vergleichbar waren. Ich werde deshalb die bei einem Stengel von etwa mittlerer Länge und Dicke gemachten Beobachtungen anführen und mit Hilfe der erhaltenen Zahlen die quantitativen Verhältnisse der Gewebe an den verschiedenen Stellen des Stengels besprechen, insbesondere das Verhältnis der primären und der sekundären Gewebe und weiter das Verhalten des Vegetationskegels in den verschiedenen Entwicklungsstadien der Pflanze.

In der folgenden Tabelle sind die zusammengehörenden Zahlen für die verschiedenen Gewebe oder Elemente an den nämlichen Stellen des Stengels in einer horizontalen Reihe angegeben. Die, welche sich auf Querschnitte an aufeinanderfolgenden Stellen beziehen, sind, mit denjenigen der Basis anfangend, vertikal untereinander gestellt. Die Stengellänge beträgt 80 cm, der letzte Querschnitt ist in einer Entfernung von 5 cm von der Kapsel gemacht worden. In der ersten Spalte ist angegeben in welcher Entfernung die untersuchten Stellen des Stengels vom Kotyledonenansatz lagen. In der zweiten Spalte findet man den Durchmesser des trocknen Stengels, als Mittelwert zweier Messungen in senkrecht aufeinander stehenden Richtungen. Die dritte Spalte enthält den berechneten Durchmesser der Querschnitte. Dieser ist aus den in den verschiedenen Spalten angegebenen Werten der verschiedenen Gewebe berechnet, das heisst durch Summierung der Werte für den Durchmesser des Markes und für zwei Mal die Dicke der Epidermis samt Rinde, der Faserschicht, des primären samt sekundären Phloëms und des sekundären Xylems. Der in dieser Weise erhaltene Durchmesser ist, wie man sieht, um ein oder einige Zehntel eines mm grösser als die am trocknen Stengel gemessene Dicke. Dieser Unterschied muss nur für einen geringen Teil der Ungenauigkeit einer derartigen Bestimmung des Durchmessers zugeschrieben werden. Die überwiegende Ursache ist, dass die trocknen Stengel durch das Aufweichen in Wasser für die Herstellung der Präparate ein wenig quellen.

In den folgenden Spalten der Tabelle findet man die Einzelwerte für

die verschiedenen Gewebe verzeichnet und darüber sei es erlaubt noch einiges mitzuteilen. Der Durchmesser des Markes ist mit der zentralen Höhle zwischen zwei einander gegenüber liegenden. Stellen gemessen, wo die peripherischen Markzellen an die primären Xylemstränge oder an das sekundäre Xylem grenzen, und aus zwei Messungen in senkrecht aufeinander stehenden Richtungen ist der Mittelwert berechnet.

Die Dicke des sekundären Xylems, des primären samt sekundären Phloëms, der Faserschicht und der Epidermis samt Rinde ist bei allen diesen Geweben in radialer Richtung bestimmt. Die angeführten Zahlen sind die mittleren Werte aus vier Messungen an je 90° voneinander entfernten Stellen des Querschnittes. Für das primäre und das sekundäre Phloëm ist die Gesamtdicke angegeben, weil es nicht möglich ist diese beiden Gewebe einzeln zu messen.

Der mittlere Durchmesser der Faser ist in folgender Weise bestimmt. An vier je 90° voneinander entfernten Stellen sind etwa zehn Fasern gemessen, welche nach Schätzung in jenem Teil des Präparates die mittleren repräsentierten. In den Fällen, wo der Faserquerschnitt in verschiedenen Richtungen eine verschiedene Abmessung zeigt, ist die grösste Abmessung bestimmt. Aus den gesamten Messungen der Fasern an den vier Punkten ist der Mittelwert berechnet. Für unseren Zweck ist die Genauigkeit einer derartigen Bestimmung der Faserdicke eine durchaus genügende; später werde ich die Dimensionen der Fasern ausführlicher behandeln.

Tabelle 13.

Entfernung vom Kotyledonenansatz.	Durchmesser des trocknen Stengels.	Berechneter Durchmesser des Stengels.	Durchmesser des Markes.	Anzahl der primären Xylemstränge.	Dicke des sekundären Xylems.	Dicke des primären und sekundären Phloëms.	Anzahl der Fasern.	Mittlerer Durchmesser der Faser.	Dicke der Faserschicht.	Dicke der Epidermis samt Rinde.
0,5 mm	1,10 mm	1,301 mm	571 μ	14	**275** μ	21,0 μ	155	**36** μ	35,5 μ	33,6 μ
0,5 cm	1,07 „	1,236 „	520 „	14	255 „	20,2 „	174	33 „	45,6 „	37,2 „
1 „	1,06 „	1,180 „	551 „	15	224 „	20,9 „	202	28 „	45,6 „	24,0 „
2 „	1,10 „	1,290 „	673 „	16	214 „	25,2 „	293	26 „	48,5 „	20,8 „
4 „	1,15 „	1,344 „	765 „	18	194 „	19,8 „	372	25 „	48,5 „	27,2 „
12 „	1,23 „	1,400 „	898 „	24	150 „	21,0 „	567	22 „	50,0 „	30,0 „
15 „	1,25 „	1,414 „	948 „	24	143 „	15,2 „	585	22 „	44,6 „	25,2 „
21 „	1,26 „	1,433 „	1020 „	24	122 „	19,7 „	648	21 „	43,2 „	21,6 „
24 „	**1,27** „	**1,452** „	**1061** „	**29**	112 „	17,9 „	**677**	20 „	41,6 „	24,0 „
30 „	1,25 „	1,405 „	1020 „	26	112 „	15,7 „	624	20 „	42,0 „	22,8 „
40 „	1,08 „	1,270 „	908 „	26	102 „	15,1 „	618	20 „	42,5 „	26,4 „
55 „	0,85 „	0,962 „	632 „	21	92 „	9,0 „	485	19 „	40,0 „	24,0 „
75 „	0,55 „	0,649 „	265 „	13	82 „	19,6 „	200	19 „	44,0 „	46,4 „

Betrachten wir in dieser Tabelle zuerst die zweite und dritte Spalte, in welcher die Dicke des Stengels verzeichnet ist. Es zeigt sich dann, dass der Durchmesser von der Basis ausgehend erst ein wenig abnimmt bis 1 cm oberhalb der Kotyledonen, darauf nimmt die Dicke bis 24 cm von der Basis zu und wird dann bis zur Spitze wieder allmählich geringer. Nur oberhalb der obersten, hier angegebenen Stelle, in der unmittelbaren Nähe der Frucht, nimmt der Stengeldurchmesser, im Zusammenhang mit dem dort vorhandenen, abweichenden Bau, wieder ein wenig zu. Am dicksten ist der Stengel an einer Stelle in etwa 0,3 der Höhe desselben.

Wie verhalten sich nun die primären und die sekundären Gewebe in verschiedener Höhe? Betrachten wir zur Beantwortung dieser Frage zuerst die primären Gewebe und Elemente. Unter diesen ist, die räumlichen Verhältnisse betreffend, das Mark bei weitem am mächtigsten ausgebildet, es nimmt einen ansehnlichen Teil des Querschnittes des Stengels ein.

Vergleichen wir in der Tabelle die Grösse des Markes an den verschiedenen Stellen, so zeigt sich, dass, ausgenommen beim Kotyledonenansatz, der Durchmesser von der Basis an erst zunimmt bis etwa das Zweifache der Grösse erreicht ist, während darauf bis zur Spitze wieder eine Abnahme stattfindet. Die Zunahme geht an der Basis schneller vor sich und zwischen $^1/_4$ und $^1/_2$ der Höhe zeigt die Grösse des Markes nur verhältnismässig geringe Unterschiede.

Das Maximum der Entwicklung liegt 24 cm von der Basis entfernt, also an derjenigen Stelle, wo der Stengel am dicksten ist. Dennoch halten Stengeldicke und Durchmesser des Markes keinen gleichen Schritt An der Basis und an der Spitze bildet das Mark etwa 0,4 des Stengeldurchmessers, an der Stelle, wo die Stengeldicke und das Mark am grössten sind, sogar 0,7. In Übereinstimmung mit der Stengeldicke ist das Mark an der Stelle des Kotyledonenansatzes stärker ausgebildet als etwas höher. In diesem Punkte weicht aber der Bau in allen Hinsichten ein wenig von dem des übrigen Stengelteils ab.

Die an der Peripherie des Markes liegenden primären Xylemstränge zeigen in ihrer Anzahl von der Basis an erst eine Zunahme bis ein Maximum erreicht ist und darauf findet bis zur Spitze wieder eine Abnahme statt. Dieses Maximum liegt, wie das der Stengeldicke und der Markgrösse, in einer Entfernung von 24 cm von der Basis. Die Anzahl der Xylemstränge an dieser Stelle übertrifft ungefähr ums Zweifache die Anzahl derselben an der Basis und an der Spitze.

Tognini [1]), der bei seiner Untersuchung über den Verlauf der Gefässbündel bei *Linum usitatissimum* auch nebenbei Beobachtungen über die Anzahl der primären Xylemstränge machte, gibt als Anzahl dieser Stränge 22 an. Der Grund weshalb er bestimmt diese Anzahl 22 als normal betrachtet und dieselbe dermassen in den Vordergrund setzt, ist wahrscheinlich, dass er Pflänzchen von etwa gleich kräftiger Ausbildung untersuchte. Und dass diese von ihm genannte Zahl geringer ist als die, welche von mir für den hier vorgeführten Fall angegeben wird, kann entweder verursacht sein dadurch, dass der von Tognini untersuchte Stengelteil über oder unter der Maximumstelle lag, oder dadurch, dass er im allgemeinen Pflänzchen geringerer Dicke verwendete. Denn mit einem geringeren Stengeldurchmesser ist eine geringere Anzahl der primären Xylemstränge gepaart. Übrigens behauptet Tognini selber, dass die Anzahl 22 nicht durchaus konstant sei und durch verschiedene Ursachen abgeändert werden könne, während die Anzahl gegen die Spitze hin geringer wird. Letzteres stimmt also mit meinen Beobachtungen überein. Seine Angabe aber, dass die Anzahl nach der Basis zu grösser wird, kann ich weder bestätigen noch erklären. Nur dann scheint mir diese Mitteilung erklärlich, wenn Tognini nur Stengelteile oberhalb der von mir genannten Maximumstelle untersuchte, was allerdings nicht unmöglich ist.

Die primären Phloëmstränge sind im erwachsenen Stengel nicht mehr überall sichtbar. Ihre Anzahl steht aber, obgleich dieselbe grösser ist, mit der der Xylemstränge im Zusammenhang und weist deshalb die nämlichen Verhältnisse auf.

Die Anzahl der Fasern zeigt eine ausserordentlich starke Zunahme, auch im diesem Falle wieder bis 24 cm oberhalb der Basis. Darauf folgt wieder eine ansehnliche Abnahme. Die Maximumzahl übertrifft mehr als vier Mal die Anzahl an der Basis. Betrachten wir die aufeinanderfolgenden Angaben der Faserzahl an den verschiedenen Stellen im Zusammenhang mit ihrer Entfernung vom Kotyledonenansatz, so zeigt sich, dass diese Anzahl anfangs besonders schnell wächst. Schon etwa 2 cm von der Basis entfernt ist sie verdoppelt und die Zunahme wird bis zum Maximum fortwährend geringer. In derselben Weise ist in den über dem Maximum liegenden Teilen die Abnahme zuerst, über eine lange Strecke des Stengels, bis oberhalb der halben Höhe, nur unbedeutend, dann nimmt die Anzahl etwas schneller ab, aber viel weniger schnell als die Zunahme an der Basis. Die Anzahl der

[1]) F. Tognini, l. c.

Fasern variiert also über einen ansehnlichen Teil des Stengels verhältnismässig nur sehr wenig.

Ganz anders als die Anzahl der Fasern verhält sich ihre Dicke. Aus der Tabelle ergibt sich, dass der mittlere Durchmesser der Faser an der Basis am grössten ist und allmählich gegen die Spitze des Stengels hin abnimmt. Diese Abnahme geht im unteren Teil des Stengels schnell vor sich, wird aber schon in einer Entfernung von etwas mehr als 10 cm sehr gering.

Vergleichen wir jetzt die Dicke der von den Fasern gebildeten Schicht an den verschiedenen Stellen. Es zeigt sich dann, dass im allgemeinen diese Dicke in verschiedener Höhe des Stengels nur geringe Unterschiede aufweist. Dieses lässt sich folgenderweise erklären. Die Dicke der Faserschicht ist von mehreren Faktoren abhängig. Erstens vom Durchmesser der Fasern und zweitens von ihrer Anzahl. Es ist nun begreiflich, dass von der Basis ausgehend, bei gleichzeitiger Abnahme des Durchmessers der Fasern und Zunahme ihrer Anzahl die Dicke der Faserschicht nicht viel zu verändern braucht. Oberhalb der Maximumstelle dagegen nimmt sowohl die Dicke wie die Anzahl der Fasern ab. Dass dennoch hier die Dicke der Schicht nicht bedeutend geringer wird, ist aus ganz anderem Grunde zu erklären. Es nimmt nämlich zugleich der Durchmesser des Stengels ab. Demzufolge liegen die Fasern gegen die Spitze des Stengels hin in einem stets kleiner werdenden Kreise angeordnet, und so versteht man, dass eine geringere Anzahl zudem kleinerer Fasern dennoch eine ebenso dicke Schicht bilden kann.

Im unteren Teil des Stengels, aber nur bis in geringerer Höhe, zeigt sich eine geringe Zunahme, darauf eine Abnahme, bis an der Spitze die Faserschicht wieder etwas dicker ist. In der Nähe der Kotyledonen bilden die Fasern eine ausserordentlich dünne Schicht, welche sogar durchschnittlich dünner ist als der mittlere Durchmesser der Fasern. Das könnte befremden, weil die Schicht doch wenigstens aus einer einzigen Faser bestehen muss. Die Ursache ist aber, dass viele Fasern an dieser Stelle gerade in tangentialer Richtung viel grösser sind als in radialer, und während letztere Dimension der Faser die Dicke der Schicht bestimmt, habe ich, wie gesagt, zur Bestimmung des Durchmessers der Faser selbst stets den grössten Durchmesser genommen.

Die Dicke der ausserhalb der Fasern liegenden Epidermis samt Rinde zeigt den Stengel entlang viele Unregelmässigkeiten. Wie wir im vorigen Kapitel sahen, wird die Rinde, welche anfangs grosse Interzellularen führt, später mehr oder weniger zusammengepresst. Fände diese Zusammenpressung überall in gleich starkem Masse statt, so wären die ursprünglichen, primären

Verhältnisse geblieben. Das ist aber nicht der Fall. An der Basis, wo der sekundäre Zuwachs am stärksten ist, wird die Rinde mehr zusammengepresst als an der Spitze, wo das sekundäre Wachstum nur gering oder sogar Null ist. An letzterer Stelle ist denn auch die Rinde auffallend stark ausgebildet. Die Dicke der Rinde an verschiedenen Punkten des erwachsenen Stengels gibt uns also kein Bild von ihrer primären Ausbildung an diesen Stellen.

Betrachten wir jetzt die Ausbildung der sekundären Gewebe. Das sekundäre Phloëm bildet mit den primären Phloëmsträngen nur eine dünne, auch mehr oder weniger zusammengepresste Schicht. Die Dicke dieser Schicht weist nur geringe Unterschiede auf, ist bis auf ein Viertel der Höhe etwa dieselbe, nimmt darauf ab, ist aber an der Spitze wiederum grösser.

Viel stärker ist das sekundäre Xylem entwickelt. An der Basis bildet dasselbe einen breiten Ring, der fast die Hälfte des Radius des Stengels einnimmt. Von der Basis bis zur Spitze nimmt die Dicke der Xylemschicht fortwährend ab, anfangs schneller, darauf wird die Abnahme aber stets geringer, bis in der Nähe der Kapsel der sekundäre Zuwachs aufhört und der Stengel nur aus primären Geweben besteht.

Wir haben nun festgestellt, welche die Ausbildung der verschiedenen Gewebe an den aufeinanderfolgenden Stellen des Stengels ist. Fassen wir jetzt zuerst das Gefundene für die primären Gewebe zusammen, also für diejenigen, welche vom Vegetationskegel gebildet werden, um uns daraus eine Vorstellung zu bilden von dem Verhalten dieses Urmeristems, während nach und nach der ganze Stengel aus demselben hervorgeht. Wir müssen dabei gut unterscheiden die Bildung der Gewebe im Vegetationskegel und das nachherige primäre Wachstum.

Bei der Anzahl der primären Xylemstränge sowie bei der der Fasern kommt nur die Bildungstätigkeit des Vegetationskegels in Betracht. Aus den Verhältnissen, welche diese beiden Gewebe an verschiedenen Stellen des erwachsenen Stengels zeigen, geht die Bildungstätigkeit des Vegetationskegels in verschiedenen Stadien hervor. Die an der Basis sich vorfindenden Verhältnisse lehren uns das Mass der Wirksamkeit dieses Urmeristems im ersten Jugendstadium der Pflanze kennen, die höher am Stengel auftretenden zeigen uns die Bildungstätigkeit desselben im vorschreitenden Alter bis zur Bildung der Blüte. Im vorhergehenden haben wir nun gesehen, dass sowohl die Anzahl der primären Xylemstränge wie die Anzahl der Fasern den Stengel entlang von der Basis an zuerst grösser wird und darauf abnimmt. Der Vegetationskegel bildet also vom Keimungsstadium an anfangs eine stets wachsende Anzahl von primären Xylemsträngen und Fasern, während darauf die

Wirksamkeit desselben wieder abnimmt und eine geringere Anzahl gebildet wird. Die Bildungstätigkeit des Vegetationskegels weist somit eine Zu- und darauffolgende Abnahme auf.

Bei der Grösse des Markes treten zwei Faktoren auf, die ursprüngliche Anlage im Vegetationskegel und das nachherige primäre Wachstum. Durch letzteres nimmt, unabhängig von der im Vegetationskegel bestimmten Dimension des Markes, die Grösse desselben zu. Nun ist es allerdings möglich, dass die Unterschiede, welche die Grösse eines Markes an verschiedenen Stellen des Stengels zeigt, nur durch primäres Wachstum verursacht sind, während die Ausbildung des Markes im Vegetationskegel an allen Stellen dieselbe ist. Im vorliegenden Fall aber sind die Unterschiede in der Grösse des Markes, ausser von verschieden starkem primärem Wachstum auch vom Vegetationskegel abhängig. Dafür gibt es zwei Beweise. Erstens ist die Anzahl der Zellen, welche den Umkreis des Markes bildet, an der Basis eine geringere als höher am Stengel, während dieselbe nach oben zu wieder abnimmt. Der Vegetationskegel bildet also in verschiedenen Stadien ein verschieden grosses Mark. Zweitens ist der Vegetationskegel in verschiedenen Stadien seiner Wirksamkeit ungleich kräftig ausgebildet, in sehr jungen Pflänzchen kleiner als später und darauf wieder kleiner, während das Mark im Vegetationskegel in den mittleren Entwicklungsstadien auch relativ am grössten ist. Zudem deutet die Tatsache, dass dort, wo das Mark am mächtigsten ausgebildet ist, zugleich auch die Anzahl der an seiner Peripherie liegenden primären Xylemstränge grösser ist, darauf hin, dass die Grösse des Markes wenigstens zum Teil vom Vegetationskegel bedingt wird. Aus dem Gesagten geht hervor, dass der Vegetationskegel auch bei der Bildung des Markes eine Zu- und darauffolgende Abnahme seiner Wirksamkeit zeigt.

Der Vegetationskegel bildet also vom Keimungsstadium an ein stets grösseres Mark und eine wachsende Anzahl von primären Xylemsträngen und Fasern bis das Maximum der Tätigkeit erreicht ist, darauf findet wieder eine Abnahme statt. Die Bildungsfähigkeit des Vegetationskegels weist somit zwischen dem Keimungsstadium und der Bildung der Blüte eine Periodizität auf.

Betrachten wir jetzt die Gestalt des von den primären Geweben gebildeten Teils des Stengels. Es ergibt sich dann, dass diese eine sehr eigentümliche ist. Von der Basis bis in etwa 0,3 der Höhe nimmt die Dicke ungefähr ums Zweifache zu, wie die Verhältnisse des Markes zeigen. Im Vergleich mit der mächtigen Ausbildung dieses Gewebes können wir die dünne Schicht der Rinde und der Fasern bei dieser Betrachtung ausser

Rechnung lassen. Bis zur Spitze nimmt die Dicke darauf allmählich ab. Der primäre Stengel bildet also einen Doppelkegel, mit den Basen aufeinander gestellt. Diese für die Pflanze äusserst ungeeignete Gestalt wird aber durch das sekundäre Wachstum in eine mehr geeignete umgebildet. Gerade an der Basis, wo das Bedürfnis an Stütze am grössten ist, wird sekundär am meisten hinzugefügt. Je grösser nun der sekundäre Zuwachs ist, um so mehr verschwindet die doppelt konische Form. Der beschriebene Stengel zeigt noch den grössten Durchmesser an der Maximumstelle der primären Gewebe, das sekundäre Wachstum hat hier die ursprünglichen primären Verhältnisse noch nicht ganz verwischt. Nun ist aber der Stengel des kultivierten Flachses nicht normal. Wir werden bald sehen, dass bei Leinpflanzen, welche mehr natürlichen Bedingungen ausgesetzt sind und grösseren Standraum haben, in den viel dickeren Stengeln derselben, das sekundäre Wachstum viel mehr in den Vordergrund tritt.

Die auf der folgenden Seite sich vorfindenden Fig. 2 zeigt links eine bildliche Darstellung des beschriebenen Stengels aus den Zahlen der Tabelle zusammengesetzt. Nur das Mark und das sekundäre Xylem sind durch Linien angegeben, weil die übrigen Gewebe verhältnismässig sehr geringe Dimensionen haben. Die ursprüngliche Figur ist hier, in halber Grösse reproduziert, dargestellt. In der ursprünglichen Figur beträgt die Höhe $^1/_{10}$ der ursprünglichen Stengellänge, der Durchmesser des Markes und die Dicke der sekundären Xylemschicht sind dagegen zehnfach vergrössert gezeichnet. Die Figur gibt demzufolge nicht die natürlichen Verhältnisse, genügt aber um die Zu- und Abnahme der Dicke des primären Stengels zwischen Basis und Spitze desselben und den Einfluss des sekundären Zuwachses auf die Gestalt und Dicke des Stengels zu zeigen. In der Mitte der Figur ist jedesmal die Anzahl der primären Xylemstränge in der betreffenden Stengelhöhe verzeichnet und ausserhalb der Linie, welche die Peripherie des sekundären Xylems andeutet, die Fasernzahl. An der Basis der Figur fehlt die Zahl der primären Xylemstränge und die der Fasern für die Stelle 0,5 cm oberhalb der Kotyledonen, weil in der Figur zu wenig Raum für alle Zahlen vorhanden war.

Die hier für einen einzigen Stengel beschriebenen Verhältnisse der Gewebe findet man nun im allgemeinen bei jedem Flachsstengel. Ich untersuchte mehr oder weniger ausführlich mehr als zwanzig Stengel, kürzerer und längerer, dickerer und dünnerer Pflanzen. Während die absoluten Zahlen auseinander gehen, eine Tatsache, welche ich später für die Fasern ausführlicher behandeln werde, sind die Verhältniszahlen im grossen und ganzen

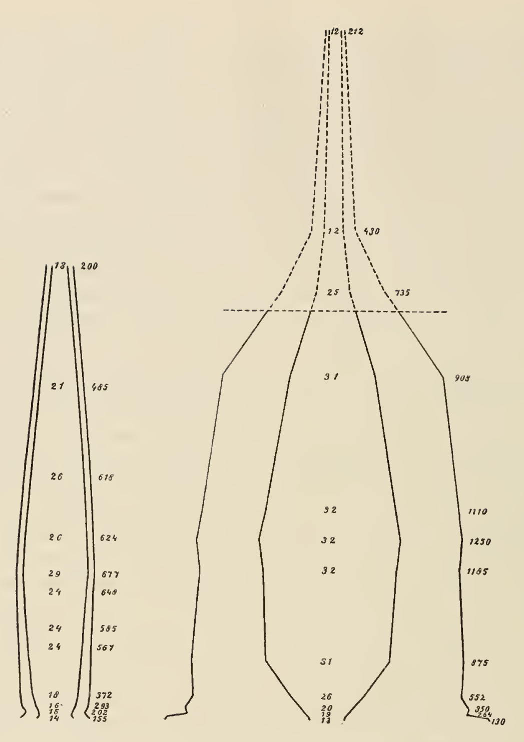


Fig. 2. Darstellung zweier Stengel aus den Zahlen der Beobachtungen zusammengesetzt. Links: ein Stengel der dichtgesäten Kultur. Rechts: ein Stengel einer mit sehr grossem Standraum kultivierten Pflanze.

bei allen Stengeln die nämlichen. Bei allen liegt das Maximum der Grösse des Markes, der Anzahl der primären Xylemstränge, und der Anzahl der Fasern in einem Punkte auf etwa 0,3 der Stengelhöhe und bei allen nimmt der Durchmesser der Fasern und die Dicke der sekundären Xylem-

schicht von der Basis bis zur Spitze ab. Bei kurzen und langen Stengeln ist somit die relative Lage des Maximums der Ausbildung der primären Gewebe ungefähr dieselbe und die absolute Entfernung von der Basis für diesen Punkt verschieden. Bei kürzeren Stengeln liegt das Maximum in geringerer Entfernung in cm ausgedrückt von der Basis als bei langen. Hieraus geht hervor, dass der Längenunterschied zwischen einem kurzen und einem langen Stengel nicht nur andeutet, dass letzterer über die Spitze des ersteren hervorragt. Im Gegenteil, der Längenunterschied macht sich über den ganzen Stengel auch im basalen Teil bemerkbar. Das verschieden starke Wachstum, welches die Längenunterschiede der Stengel verursacht, äussert sich also schon in einem sehr frühen Stadium, während die Unterschiede zwischen den Pflanzen, sobald dieselben entstanden sind, bei der weiteren Entwicklung stets mehr in den Vordergrund treten.

Das oben geschilderte Verhalten des Vegetationskegels, die Periodizität desselben, ist, so viel ich weiss, noch nicht für dikotyle Pflanzen beschrieben; über Grösse und Bildungsfähigkeit des Vegetationskegels an verschiedenen Zeitpunkten seiner Wirksamkeit liegen keine mir bekannten Untersuchungen vor. In der bekannten, schematischen Darstellung des Dikotylenstammes [1]) ist der primäre Teil an allen Stellen mit gleichem Durchmesser gezeichnet.

Bei Bäumen und Sträuchern ist das sekundäre Wachstum so kräftig, dass der Anteil, welchen die primären Gewebe an die Ausbildung des Stammes oder der Zweige haben, relativ sehr unbedeutend ist. Dennoch lässt es sich vermuten, dass nicht nur bei *Linum usitatissimum*, sondern auch bei anderen Pflanzen, selbst bei solchen, wo der sekundäre Zuwachs stark in den Vordergrund tritt, der Vegetationskegel eine derartige Periodizität aufweist.

Was die Grösse des Vegetationskegels betrifft, ist das hier für die Leinpflanze gefundene Verhalten dem des Vegetationskegels mehrerer Monokotylen sehr ähnlich. Besonders durch die Untersuchungen Schoutes [2]) hat es sich ergeben, dass die monokotylen, stammbildenden Pflanzen einen Vegetationskegel besitzen, welcher anfangs klein, sehr schnell an Grösse zunimmt, während der von diesem Vegetationskegel hervorgebrachte, umgekehrt konische Stamm bei verschiedenen Monokotylen in sehr verschiedener Weise angefüllt wird.

Der Unterschied zwischen den von Schoute beschriebenen Fällen bei den Monokotylen und der Leinpflanze ist, dass bei letzterer die Zunahme der Grösse des Vegetationskegels nicht so stark ist wie bei den Monokotylen,

---

[1]) Ed. Strasburger, Leitungsbahnen. Histolog. Beiträge, III, Jena, 1891, S. 490.

[2]) J. C. Schoute, Die Stammesbildung der Monokotylen. Flora, Bd. 92, Heft 1, 1903, S. 32.

wo schliesslich ein sehr dicker Vegetationskegel entsteht, und dass das Maximum des Durchmessers bei den Monokotylen meistens schon in geringer Entfernung von der Basis erreicht wird. Beim Flachs folgt auf die Zunahme der Grösse wieder eine Abnahme, welche aber von SCHOUTE für die Monokotylen in der zitierten Abhandlung nicht beschrieben wird. Nach brieflicher Mitteilung von Herrn SCHOUTE aber, zeigt das Urmeristem der Monokotylen indertat später auch wieder eine Grössenabnahme und es weisen die Monokotylen somit der Hauptsache nach dieselbe Periodizität der Grösse des Vegetationskegels auf wie *Linum usitatissimum*.

Zur Entscheidung der Frage, ob der den Pflanzen gebotene Standraum Einfluss auf die primäre Gestalt des Stengels und auf das sekundäre Wachstum ausübt, untersuchte ich in derselben Weise wie oben beschrieben einige Stengel der mit grossem Standraum auf fettem Boden kultivierten Pflanzen, von denen bereits im dritten Kapitel die Rede war. Von einem dieser Stengel werde ich die erhaltenen Zahlen als Beispiel und zum Vergleich mit denjenigen des Stengels der normalen Kultur anführen. Die totale Länge dieses Stengels betrug 119 cm, der letzte Querschnitt wurde somit auch hier 5 cm unterhalb der Kapsel gemacht. Die Pflanze besass 5 Seitenzweige an der Basis, während die Verästelung des Hauptstengels 68 cm oberhalb des Kotyledonenansatzes anfing. Hauptstengel und Seitenzweige trugen zusammen 131 Kapseln. Die folgende Tabelle ist in derselben Weise eingerichtet wie die vorhergehende und bezieht sich nur auf den Hauptstengel.

Tabelle 14.

Entfernung vom Kotyledonenansatz.	Durchmesser des trocknen Stengels.	Berechneter Durchmesser des Stengels.	Durchmesser des Markes.	Anzahl der primären Xylemstränge.	Dicke des sekundären Xylems.	Dicke des primären und sekundären Phloëms.	Anzahl der Fasern.	Mittlerer Durchmesser der Faser.	Dicke der Faserschicht.	Dicke der Epidermis samt Rinde.
0,5 mm	5,95 mm	6,358 mm	592 μ	13	**2417** μ	230 μ	130	**99** μ	122 μ	114 μ
0,5 cm	5,45 „	6,002 „	612 „	14	2346 „	163 „	180	89 „	96 „	90 „
1 „	5,10 „	5,336 „	704 „	19	1969 „	163 „	264	82 „	112 „	72 „
2 „	5,00 „	5,254 „	866 „	20	1918 „	108 „	350	72 „	102 „	66 „
4 „	4,65 „	5,018 „	1204 „	26	1632 „	92 „	552	62 „	122 „	61 „
10 „	4,60 „	4,996 „	2040 „	31	1244 „	71 „	875	53 „	128 „	35 „
25 „	4,50 „	4,879 „	2193 „	**32**	1050 „	75 „	1185	47 „	169 „	49 „
30 „	**4,70** „	**5,076** „	**2346** „	**32**	1027 „	102 „	**1250**	46 „	178 „	58 „
35 „	4,55 „	4,718 „	2162 „	**32**	1042 „	77 „	1110	47 „	117 „	42 „
57 „	4,10 „	4,302 „	1408 „	31	1072 „	95 „	908	45 „	133 „	47 „
71 „	2,05 „	2,125 „	571 „	25	561 „	61 „	735	37 „	112 „	43 „
81 „	0,95 „	0,972 „	316 „	12	204 „	27 „	430	30 „	55 „	42 „
114 „	0,42 „	0,443 „	214 „	12	41 „	10 „	212	17 „	26,5 „	37 „

Der berechnete Durchmesser ist auch in diesem Falle grösser als der des trocknen Stengels aus den nämlichen Gründen wie oben angegeben. Von der Basis an wird der Stengel allmählich dünner, nur in einem Punkte, 30 cm oberhalb der Kotyledonen, findet eine geringe Dickenzunahme statt. Der Durchmesser des Markes, die Anzahl der primären Xylemstränge und die Anzahl der Fasern zeigen den Stengel entlang eine Zu- und darauffolgende Abnahme, während das Maximum für alle drei an der nämlichen Stelle, das heisst 30 cm vom Kotyledonenansatz entfernt, liegt, also in einem Punkt auf etwa $^1/_4$ der Höhe des Stengels. Der mittlere Durchmesser der Faser und die Dicke des sekundären Xylems nehmen beide, von kleineren Unregelmässigkeiten abgesehen, von der Basis bis zur Spitze ab, im unteren Teile des Stengels schneller, im oberen langsamer. Über eine lange Strecke des Stengels, von 25 cm an bis auf 57 cm Höhe, zeigt die sekundäre Xylemschicht nur geringe Unterschiede, nimmt sogar bei diesem Stengel noch etwas zu, oberhalb der Verästelung ist der sekundäre Zuwachs aber viel geringer.

Weiter weisen auch bei dieser Pflanze die Dicke der Faserschicht und die Dicke der Epidermis samt Rinde Unregelmässigkeiten auf, die sich in derselben Weise wie oben erklären lassen.

Aus dem Gesagten geht hervor, dass der Stengel der mit grossem Standraum kultivierten Pflanzen sich in der nämlichen Weise wie der der gewöhnlichen, dichtgesäten Kultur verhält. Auch hier zeigt die Ausbildung der primären Gewebe eine Periodizität, deren Maximum in der unteren Hälfte des Stengels, auf etwa $^1/_4$ der Höhe liegt, während sekundär an der Basis am meisten hinzugefügt wird.

Während es sich also herausgestellt hat, dass unabhängig vom Standraum die Ausbildung der primären Gewebe eine Periodizität zeigt, bleibt uns jetzt zu untersuchen übrig, ob in den Stengeln der beiden Kulturen die primär gebildeten Gewebe quantitativ verschieden sind und ob der Unterschied des Stengeldurchmessers verschieden starkem sekundärem Zuwachs zugeschrieben werden muss. Vergleichen wir dazu die beiden Tabellen.

Für die Ausbildung des Markes ergibt sich, dass der Durchmesser desselben an der Basis bei den beiden Stengeln sehr wenig auseinander geht. Dieser Unterschied fällt innerhalb der Grenzen der Unterschiede, welche das Mark an der Basis der gewöhnlichen Flachsstengel zeigt. Höher am Stengel aber tritt ein bedeutender Unterschied auf. Schon in einer Entfernung von 4 cm vom Kotyledonenansatz ist das Mark des kräftigen Stengels ansehnlich dicker und an der Maximumstelle übertrifft dasselbe sogar das des gewöhnlichen Stengels ums Zweifache. Auch in halber Höhe ist der

Unterschied noch ansehnlich, oberhalb der Verästelung des Stengels der mlt grossem Standraum kultivierten Pflanze verschwindet er aber. Die für die oberen Teile der Stengel angegebenen Zahlen sind aber nicht gut vergleichbar, weil dieselben sich nicht auf vollig übereinstimmende Punkte beziehen. Es ergibt sich, dass im oberen Stengelteil das Mark gerade bei der gewohnlichen Flachspflanze grosser ist. Bei dieser letzteren ist der Durchmesser des Markes 55 cm oberhalb der Kotyledonen, also in etwa $^3/_4$ der Höhe 632 μ und 5 cm unterhalb der Kapsel 265 μ, während bei der kräftigen Pflanze das Mark 81 cm oberhalb der Kotyledonen, das heisst in ungefähr $^3/_4$ der Höhe, 316 μ und 5 cm von der Frucht entfernt 214 μ misst.

Die Anzahl der primären Xylemstränge ist an der Basis bei dicht- und bei weitstehenden Pflanzen ungefähr dieselbe, in diesem Falle bei der mit grossem Standraum kultivierten Pflanze sogar noch um eins geringer. Bei letzterer nimmt die Anzahl aber viel schneller zu und ist in einer Entfernung von 4 cm von der Basis schon verdoppelt. Dagegen fällt es in die Augen, dass das Maximum nur unbedeutend hoher ist als beim gewöhnlichen Flachsstengel. Hieraus ergibt sich, dass der Vegetationskegel bei der Bildung der primären Xylemstränge offenbar beschränkt ist; selbst bei sehr grossem Standraum wird die Anzahl nicht nennenswert grosser, nur wird in diesem Falle die möglichst grosse Zahl schon in einem viel früheren Stadium gebildet. Dagegen ist der Einfluss des Standraumes auf die Ausbildung jedes einzelnen Xylemstranges viel bedeutender. Die Anzahl der Gefässe, aus der die Stränge der weitstehenden Pflanzen bestehen, ist viel grosser als beim gewöhnlichen, dünnen Stengel. Das lässt sich wohl erklären, denn im Zusammenhang mit der ansehnlicheren Grösse der Blätter der kräftigen Pflanzen sind auch die in den Stengel tretenden Blattspuren stärker ausgebildet. Die Blattspuren sind in den kräftigen Pflanzen zwar absolut länger, aber dennoch gehen dieselben in ihrem Verlauf nach unten nicht an eine bedeutend grössere Anzahl niedriger stehender Blätter vorüber als dies bei den dünneren Pflanzen der Fall ist, weil die am stärksten entwickelten Stengel auch die längsten Internodien haben. Demzufolge ist die Anzahl der Xylemstränge, welche sich im Kreise im dicken Stengel vorfinden, nicht viel grösser als beim gewöhnlichen Stengel.

Ebenfalls geht die Anzahl der Fasern an der Basis beider Stengel nicht nennenswert auseinander, dieselbe nimmt aber beim kräftigen, dicken Stengel viel schneller zu, während das Maximum fast das Zweifache des Maximums der Fasernzahl im gewohnlichen Stengel erreicht. Obgleich die Fasernzahl im dicken Stengel also bedeutend höher ist, zeigt sich auch hier, wie bei der

Anzahl der primären Xylemstränge, dass die Fasernzahlen des dicken und des normalen Stengels sich nicht wie die Durchmesser dieser beiden Stengel verhalten und dass der Unterschied ersterer viel geringer ist. Diesen letzteren Punkt, die Beziehung zwischen der Fasernzahl und der Stengeldicke werde ich im siebenten Kapitel ausführlich behandeln. Wir werden dort sehen, dass die Bildungstätigkeit des Vegetationskegels ebenso wie für die primären Xylemstränge auch für die Fasern beschränkt ist und über eine gewisse Anzahl nicht hinauskommen kann. Diese Maximumzahl der Fasern wird aber erst in einem etwas dickeren Stengel, als der hier vorgeführte, von der normalen Kultur stammende erreicht.

Der mittlere Durchmesser der Faser der mit grossem Standraum kultivierten Pflanze übertrifft denjenigen im dünnen Stengel bedeutend und auch die von den Fasern gebildete Schicht ist bedeutend dicker. Das nämliche ist der Fall bei der von Rinde und Epidermis gebildeten Schicht.

Wir sehen also, dass die Ausbildung aller primären Elemente und Gewebe, ausgenommen die Anzahl der Xylemstränge, einen bedeutenden Einfluss vom Standraum empfindet. Dieser Einfluss macht sich schon in einem sehr frühen Stadium der Entwicklung fühlbar und ist bereits innerhalb einiger wenigen cm vom Kotyledonenansatz merkbar. Hieraus geht hervor, dass schon wenn die Pflänzchen die Kotyledonen eben entfaltet haben, der Standraum seinen Einfluss auszuüben anfängt, während geringer Standraum die Ausbildung der primären Gewebe hemmt. Es fängt somit alsdann schon die Konkurrenz der benachbarten Individuen an.

Weit grösser aber ist der Einfluss des Standraumes auf die Ausbildung des sekundären Xylems. Während der Durchmesser des Markes an der Maximumstelle ums Zweifache grösser ist, übertrifft die Dicke der sekundären Xylemschicht der weit kultivierten Pflanze die des gewöhnlichen Stengels um etwa neun Mal. Demzufolge ist das Verhältnis zwischen den Dimensionen des primären Stengels und des sekundären Zuwachses bei den dicken, weitstehenden Pflanzen ein ganz anderes als bei den dünnen der dichtgesäten Kultur. Auch bei den kräftigen Pflanzen hat der primäre Stengel eine doppelt konische Form. Dieselbe wird aber durch das sekundäre Wachstum fast völlig verwischt und in eine einfach konische verwandelt, zwar noch mit einer geringen Andeutung der Maximumstelle des primären Stengels. Die meisten Stengel der mit grossem Standraum kultivierten Pflanzen zeigen diese Andeutung der primären Form, entweder in etwas stärkerem oder in noch geringerem Grade als der beschriebene, während bei einigen an der betreffenden Stelle gar keine Zunahme des Durchmessers mehr vorkommt.

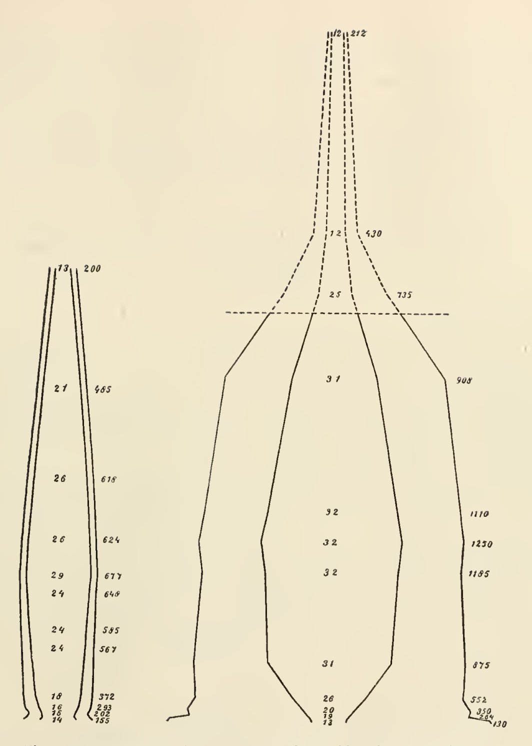


Fig. 3. Darstellung zweier Stengel aus den Zahlen der Beobachtungen zusammengesetzt. Links: ein Stengel der dichtgesäten Kultur. Rechts: ein Stengel einer mit sehr grossem Standraum kultivierten Pflanze.

In Fig. 3 ist an der rechten Seite eine bildliche Darstellung des oben beschriebenen Stengels gegeben. Wie für den an der linken Seite dargestellten Stengel beträgt in der ursprünglichen Figur, welche in halber Grösse reproduziert ist, die Höhe $^1/_{10}$ der wahren Stengellänge, und ist der Durch-

messer 10 Mal vergrössert. Auch in dieser rechten Figur fehlt an der Basis die Zahl der primären Xylemstränge und die der Fasern für die Stelle 0,5 cm oberhalb der Kotyledonen, und zwar des ungenügenden Raumes wegen. Die horizontale, punktierte Linie deutet die Stelle, wo der Stengel sich verästelt, an. Die Vergleichung beider, nach demselben Massstabe gezeichneten Figuren, und der darin angegebenen primären Xylemstränge und der Anzahl der Fasern zeigt sehr deutlich den Einfluss des Standraumes auf das primäre und das sekundäre Wachstum.

Zusammenfassung der Ergebnisse dieses Kapitels.

Die Ergebnisse dieses Kapitels können in den folgenden Sätzen zusammengefasst werden.

Das quantitative Verhältnis der primären und der sekundären Gewebe ist an den verschiedenen Stellen des Stengels ein sehr verschiedenes.

Die primären Gewebe sind an den verschiedenen Stellen des Stengels in verschieden starkem Grade ausgebildet, derart, dass der primäre Stengel die Gestalt von zwei mit den Basen aufeinander gestellten Kegeln besitzt, von welchen der untere die geringste Höhe hat.

Der Vegetationskegel zeigt während seiner Tätigkeit vom Keimungsstadium der Pflanze an bis zur Anlage der Blüte eine Periodizität, welche sich in der Grösse und der Anzahl der von diesem Meristem gebildeten Gewebe äussert.

Diese Periodizität ist derart, dass die Bildungstätigkeit des Vegetationskegels anfangs zunimmt, ein Maximum erreicht und darauf wieder abnimmt.

Das Maximum der Bildungstätigkeit des Vegetationskegels hat bei allen Stengeln, kurzen und langen, relativ ungefähr dieselbe Lage, nämlich an einer Stelle, die nach vollendetem Längenwachstum etwa 0,3 der Stengelhöhe entspricht.

Der Standraum übt auf den Charakter der Periodizität der Bildungstätigkeit des Vegetationskegels keinen Einfluss aus.

Auf die Quantität der vom Vegetationskegel gebildeten Gewebe übt der Standraum einen bedeutenden Einfluss aus, am meisten auf das Mark, weniger auf die Fasernzahl und im geringsten Grade auf die Anzahl der primären Xylemstränge.

Der Einfluss des Standraumes macht sich schon im sehr frühen Jugendstadium der Pflanzen fühlbar.

Der Einfluss des Standraumes auf das sekundäre Wachstum ist weit grösser als auf die Ausbildung der primären Gewebe.

SIEBENTES KAPITEL.

Die Faser.

Einleitung.

Seitdem LEEUWENHOEK [1]) im Jahre 1677 zum ersten Male die Leinfasern mikroskopisch beobachtete und dieselben in einem seiner Briefe beschrieb als: . . . „linnen-rags, having roundish parts and many of them lying firm together, and so making up a greater body"... hat man diese Zelle so oft und in so mancher Hinsicht studiert, dass die Literatur zu einer beträchtlichen Masse herangewachsen ist. Wird aber alles, was die zahlreichen Untersuchungen über die Leinfaser lehren, zusammengefasst, so ergibt sich, dass noch manche Frage ungelöst blieb, dass die Kenntnis des Wachstums und der Merkmale in mancher Hinsicht lückenhaft und oberflächlich ist und dass verschiedene Auffassungen ungenügend begründet sind. Zudem ist die vorhandene Kenntnis der Merkmale grösstenteils nicht in Übereinstimmung mit den Anforderungen, welche man heutzutage daran stellt.

Ich habe mich deshalb bemüht die Flachsfaser ausführlich und gründlich zu studieren. Durch die genauere Untersuchung der Merkmale, welche seit der Einführung der statistischen Methode möglich geworden ist, habe ich einige noch unbekannten Erscheinungen aufgefunden und ist es mir gelungen einige ungenügend bewiesenen Tatsachen zu begründen, andere Ansichten aber zu widerlegen. Ich habe mich nicht nur mit der Anlage und mit dem Wachstum der Faserzelle, sondern insbesondere mit den Eigenschaften der erwachsenen Faser beschäftigt. Für die wichtigsten Merkmale habe ich drei Fragen zu lösen gesucht. Erstens die nach dem Unterschiede, welchen die Merkmale

[1]) A. VAN LEEUWENHOEK, Philos. Transact. Vol. XII, 1677, S. 905.

an verschiedenen Stellen zwischen Basis und Spitze des erwachsenen Stengels aufweisen. Aus dieser Kenntnis der Fasermerkmale, wie Länge, Dicke, Form u. s. w. geht das Gesamtbild des Fasersystems im Stengel hervor. Zweitens habe ich die Unterschiede studiert, welche die Fasern von Stengeln verschiedener Länge und Dicke einer Kultur zeigen. Dieses lehrt die Beziehungen kennen, welche zwischen diesen äusseren Stengelmerkmalen und den Merkmalen der Faser bestehen. Und drittens habe ich die Merkmale der Fasern in den Stengeln der auf verschiedenem Boden und mit verschiedenem Standraum kultivierten Pflanzen miteinander verglichen, um den Einfluss dieser beiden Faktoren auf die Merkmale der Faser festzustellen. Den beiden letzteren Gegenständen wurde bis jetzt nur noch wenig Aufmerksamkeit gewidmet. Ich werde in diesem Kapitel in den verschiedenen Paragraphen stets die mir aus der Literatur bekannten Tatsachen und Meinungen zuerst mitteilen und an der Besprechung der auf eigener Untersuchung gestützten Beobachtungen vorangehen lassen.

Die physikalischen Eigenschaften wie: Doppelbrechung, Hygroskopizität, Festigkeit, Härte u. s. w. liess ich unbetrachtet, weil ich selber diese nicht untersuchte. Für diese verweise ich den Leser nach der Arbeit Wiesners [1]).

§ 1. Die Anlage der Faser.

Die älteste mir bekannte Arbeit, welche über die Entstehung der Fasern handelt, ist die bereits zitierte Abhandlung Reisseks [2]).

Nach Reissek entstehen die Fasern dadurch, dass Interzellulargänge, welche sich zwischen Rinde und Kambium vorfinden, von einer Cellulosemembran ausgekleidet werden. Diese Interzellulargänge sind schon in der Nähe der äussersten, noch wachsenden Stengelspitze sichtbar, aber erst später, nachdem dieselben ihre volle Länge erreicht haben, schlägt sich an den Wandungen, welche von den umschliessenden Zellen gebildet werden, eine dünne Celluloseschicht nieder, die allmählich dicker wird. „Die Membran", sagt Reissek [2]), „welche den Interzellulargang auskleidet, muss natürlich die Gestalt desselben annehmen, und eine Röhre oder langgestreckte Zelle bilden. Da die Interzellulargänge gewöhnlich in der Mitte am weitesten sind, und nach beiden Enden sich zuspitzen, so erhält auch die gebildete Zelle eine verlängerte, spindelförmige Gestalt. Es bilden sich zwischen den auskleidenden

[1]) J. Wiesner, Die Rohstoffe des Pflanzenreiches.

[2]) S. Reissek 1852, l. c. S. 130.

Membranen der älteren Gänge und zwischen den Wänden der anstossenden Zellen des Gewebes neue Interzellulargänge, welche ebenfalls eine Membran in ihrem Innern erzeugen. Die Bastzellen des Leines sind also Zellen, welche frei in Interzellulargängen zwischen Rinde und Cambium sich bilden, und durch Absetzung von Cellulose in Gestalt einer die Wand des Interzellularganges auskleidenden Membran entstehen".

Bei unserer heutigen Kenntnis der Zellbildung ist es unnötig diese Auffassung REISSEKS zu widerlegen. Nur will ich hervorheben wie genau dieser Forscher beobachtet hat; denn es ist deutlich, dass die von ihm im Vegetationskegel gefundenen Interzellulargänge, die schon dort vorhandenen unverdickten Fasern sind, und dass seine Beschreibung der Auskleidung der Gänge sich in Wirklichkeit auf die auftretende Verdickung der Faserwand bezieht.

Eine ganz andere Meinung über den Ursprung der Fasern vertritt HAVENSTEIN in seiner viel jüngeren Arbeit. Er gibt als Resultat seines Studiums über diesen Gegenstand den folgenden Satz[1]). „Der Ursprung der Faserzellen ist ein doppelter, zum Theil nämlich entstehen sie direct aus dem Urmeristem des Vegetationspunktes und diese nennt man primäre Bastzellen im Gegensatz zu den durch das Cambium gebildeten, welche man als secundäre bezeichnet".

Infolge meiner eigenen Untersuchungen glaube ich diese Auffassung HAVENSTEINS als unrichtig widerlegen zu müssen. Wäre HAVENSTEINS Vorstellung richtig und wäre indertat ein Teil der Fasern sekundären Ursprungs, würden also nachher vom Kambium noch Fasern gebildet, so müsste: 1. die Anzahl der Faserzellen bei zunehmender Entfernung von der Stengelspitze grösser werden und also, in Übereinstimmung mit demjenigen, was man im allgemeinen bei den vom Kambium gebildeten Geweben beobachtet, an der Basis des Stengels am grössten sein und 2. müsste ein Teil der Fasern, nämlich der sekundär vom Kambium gebildete Teil, wenigstens vorübergehend eine radiale Anordnung zeigen. Weder das erste noch das zweite stimmt mit den Beobachtungen überein. Wie wir früher sahen, ist die Anzahl der Fasern an der Basis relativ sehr gering, also gerade dort, wo man nach der Auffassung HAVENSTEINS infolge der am längsten dauernden Tätigkeit des Kambiums die grösste Anzahl erwarten würde, und nach oben nimmt bis auf etwa 0,3 der Stengelhöhe die Fasernzahl nicht ab, sondern sehr stark zu. Was die radiale Anordnung eines Teils der Fasern betrifft, diese habe ich trotz

[1]) G. HAVENSTEIN, 1874, l. c. S. 32.

genauer Beobachtung nie finden können, und in keiner einzigen Arbeit wird eine solche Anordnung erwähnt oder abgebildet. Auch HAVENSTEIN selber spricht nicht darüber. Zudem müssen, wenn die Fasern vom Kambium gebildet werden, die innersten derselben, wenigstens in gewissen Entwicklungsstadien des Stengels, an das Kambium grenzen. Indertat hat HAVENSTEIN eine derartige Vorstellung vom Bau des Leinstengels gegeben. Das zeigen seine Figuren, in welchen das ganze, zwischen den Fasern und dem sekundären Xylem liegende Gewebe als Kambium angedeutet ist und ebenfalls geht es aus dem folgenden, von ihm als Ergebnis seines Studiums aufgestellten Satz[1]) hervor. „Die Bastzellen liegen auf dem Querschnitt des Leinstengels in einer Zone und werden nach der Peripherie zu von dem Rindenparenchym und nach dem Centrum zu von dem Cambium begrenzt."

Hieraus ergibt sich, dass HAVENSTEIN offenbar das Phloëm nicht kennt, indem er dasselbe auch sonst nirgends erwähnt. Er benutzt zwar, die Entwicklungsgeschichte des Stengels beschreibend, den Namen Fibrovasalstrang und teilt mit, dass das Kambium nach aussen neue Bastelemente bilde. Mit diesen Bastelementen meint er aber die Fasern, und hier liegt eben der Fehler. HAVENSTEIN denkt sich also die Fasern nicht vom Kambium durch primäres und sekundäres Phloëm getrennt, sondern sogleich am Kambium anschliessend, und hieraus erklärt sich wie er zu seiner Auffassung des sekundären Ursprungs eines Teils der Fasern geführt wurde. Ich glaube hiermit die Unrichtigkeit der Auffassung HAVENSTEINS genügend dargetan zu haben.

Nach meinen eigenen Beobachtungen werden die Fasern bloss im Vegetationskegel gebildet und sind sie also alle primären Ursprungs. Wie ich bei der Beschreibung der Entwicklung des Stengels bereits gesagt habe, sind die unverdickten Faserzellen schon in sehr geringer Entfernung des Wachstumsscheitels sichtbar. Schon sehr früh ist ihre Anzahl bestimmt und später werden keine Fasern mehr hinzugefügt. Wie die Fig. 5 und 7, Taf. II zeigen, liegen die Fasern im Perikambium, in einer Zone zwischen der Rinde und dem Kreis der primären Phloëmstränge. Es wäre deshalb richtiger die Fasern als Perikambialfasern zu bezeichnen anstatt den vielfach gebrauchten Namen Bastfasern beizubehalten.

In der Meinung, dass die Fasern primären perikambialen Ursprungs sind, stehe ich nicht allein. VAN TIEGHEM[2]) nennt die Leinfasern „fibres

---

[1]) G. HAVENSTEIN, l. c. S. 33.

[2]) PH. VAN TIEGHEM, Traité de botanique. I, 1891, S. 753 und: Eléments de botanique. I, 1898, S. 171.

pericycliques" und betont ausdrücklich, dass dieselben unrichtig „fibres corticales ou fibres libériennes" genannt werden, weil sie weder zur Rinde noch zum Phloëm gehören. Und MOROT [1]), in seinem ausführlichen Studium des Perikambiums, erwähnt *Linum perenne* als Beispiel einer Pflanze, wo das primäre Perikambium grösstenteils aus Fasern besteht.

§ 2. **Ist die Faser eine einzige Zelle oder eine Zellfusion?**

Ist die Faser eine einzige Zelle oder eine Zellfusion, das heisst aus der Verschmelzung mehrerer übereinander stehenden Zellen entstanden?

Diese Frage ist für die Bastfasern im allgemeinen sehr oft von verschiedenen Autoren behandelt worden, aber es finden sich in der Literatur speziell über die Flachsfaser nur spärliche Angaben.

MEYEN [2]) beobachtete, dass die Flachsfasern beim Kochen in Salzsäure in regelmässig abgestutzte Teile von etwa gleicher Länge zerfallen. Hieraus schliesst er, dass die Fasern durch Resorption der Scheidewände von genau übereinander stehenden Parenchymzellen entstehen. Diese später von SCHACHT [3]) für die Bastfasern im allgemeinen geltend gemachte Annahme ist nachher vielfach bestritten z. B. von UNGER [4]) und SANIO [5]) und besonders von BOEHM [6]). Infolge der Untersuchungen dieser Autoren werden allgemein die Bastfasern und also auch die Fasern des Leins als aus einer einzigen Zelle entstanden betrachtet, aber dennoch fehlt für diese Auffassung der direkte Beweis. BOEHM der diesen Gegenstand bei *Salisburia* gründlich untersucht hat, sagt selber, dass aus der Tatsache, dass die Fasern dieser Pflanze einzelne Zellen sind, nicht zu der nämlichen Annahme bei anderen Pflanzen geschlossen werden darf. Die endgültige Entscheidung dieser Frage für die Flachsfaser fordert demnach eine absichtliche Untersuchung dieses Gegenstandes.

Ist die Faser aus der Verschmelzung mehrerer Zellen entstanden, so

---

[1]) L. MOROT, Recherches sur le péricycle. Ann. d. Sc. nat. Sér. VI, T. 20, 1885, S. 255.

[2]) J. MEYEN, Ueber die Bildung der faserförmigen Zellen oder Baströhren der Pflanzen. WIEGMANN'S Archiv für Naturgeschichte, 1838, S. 297.

[3]) H. SCHACHT, Die Milchsaftgefässe der *Carica Papaya* deren Entstehung, Bau und Verlauf. Mon. Ber. der Kön. Preuss. Akad. der Wiss. Berlin, 1856, S. 515.

[4]) F. UNGER, Einiges uber das Wachsthum des Stammes und die Bildung der Bastzellen. Denkschr. der Kais. Akad. der Wiss. Wien, 1859, S. 19.

[5]) C. SANIO, Einige Bemerkungen über den Bau des Holzes. Bot. Zeit. Bd. 18, 1860, S. 209.

[6]) J. BOEHM, Sind die Bastfasern Zellen oder Zellfusionen? Sitz. Ber. d. Kais. Akad. der Wiss. Wien, Bd. 53, 1866, S. 26.

müssen sich in irgend einem Stadium der Entwicklung Scheidewände der übereinander stehenden Zellen in der Faser vorfinden, während diese Wände später resorbiert werden. Ist dagegen die Faser eine einzige Zelle, so werden niemals Scheidewände oder Reste derselben in der Faser vorkommen.

Die leicht isolierbaren, erwachsenen, verdickten Fasern nun zeigen keine Spur von Scheidewänden oder von einer Verschmelzung aus mehreren Zellen. Ich lasse hier ausser Betracht diejenigen Scheidewände, welche erst in späteren Entwicklungsstadien, infolge der Einkapselung isolierter Protoplasmapartien in der Faser auftreten können. Darüber werde ich später sprechen.

Sollten dennoch die Fasern aus mehreren Zellen entstanden sein, so müssten die später zu resorbierenden Scheidewände also in den jungen, noch unverdickten Fasern sich vorfinden. Es müssen deshalb junge, noch wachsende Stengelspitzen untersucht werden. Ich habe dazu Längsschnitte des in Paraffin eingebetteten Vegetationskegels mit dem Mikrotom angefertigt und in diesen die Fasern in den aufeinanderfolgenden Entwicklungsstadien beobachtet. Nur in den allerjüngsten Stadien, in welchen die Fasern erst eben vom umgebenden Gewebe zu unterscheiden sind, ist es möglich die ganze Zelle im Präparat wahrzunehmen. Schon sehr bald wachsen die Fasern so stark in die Längsrichtung und schieben sich zugleich derart zwischeneinander, dass es selbst in einem sehr dünnen, der Achse des Stengels möglichst genau parallel gerichteten Mikrotomschnitt völlig unmöglich ist die Fasern der ganzen Länge nach zu verfolgen. Ich musste mich deshalb in diesem Teil des Vegetationskegels begnügen mit der Beobachtung von Stücken der Fasern. Ich studierte eine grosse Anzahl derselben über eine möglichst lange Strecke und habe in diesem Stadium nie auch nur die geringste Andeutung von Scheidewänden oder resorbierten Scheidewänden gefunden und glaube aus der grossen Zahl der Beobachtungen schliessen zu dürfen, dass sich in der ganzen Faser ebensowenig Scheidewände oder Reste derselben vorfinden. Auch im jüngsten Stadium, in welchem die Fasern sich unterscheiden lassen, habe ich trotz genauer Beobachtung niemals Scheidewände in den Fasern finden können. Von den allerkleinsten kaum in der Längsrichtung etwas gestreckten Zellen bis zu den deutlich langgestreckten Fasern finden sich im Vegetationskegel alle Übergänge vor. Niemals aber habe ich auch in solchen Fasern Scheidewände beobachtet oder eine Andeutung davon, dass die Faser aus mehreren Zellen bestände. Die Faser zeigt also vom allerjüngsten Stadium bis zum erwachsenen Zustand nie eine Verschmelzung aus mehreren Zellen und ist somit ohne Zweifel eine einzige Zelle.

§ 3. Die Anordnung der Fasern.

Um den Bau des Fasersystems kennen zu lernen kann man an aufeinanderfolgenden Querschnitten den Verlauf der Faserbündel und der Fasern studieren. Ich fertigte deshalb aus verschiedenen Regionen des Stengels Serien von Querschnitten an und verfolgte mittels dieser die Faserbündel und die vereinzelten Fasern über eine längere Strecke des Stengels. Das Studium dieser Querschnitte ergab folgendes.

Wie ich es auch bei der Besprechung der Entwicklungsgeschichte schon mitgeteilt habe, bilden alle Fasern zusammen einen hohlen, zwischen der Rinde und dem Phloëm liegenden Zylinder. Diese Scheide besteht aus einem einzigen Kreise von in der Längsrichtung verlaufenden Faserbündeln, welche durch Parenchymzellen voneinander getrennt sind (Taf. III, Fig. 17, Taf. V, Fig. 39 und 40). Wie auch von HAVENSTEIN[1]) betont wurde, verlaufen die Faserbündel nicht durch die ganze Länge des Stengels getrennt, sondern sie anastomosieren und bilden demzufolge gleichsam ein Netz mit verhältnismässig sehr kleinen Maschen. Diese Maschen sind in der Längsrichtung gestreckt. Es gibt deren zweierlei; breitere, welche oben und unten schmal endigen, und schmälere, welche über ihre ganze Länge gleich breit sind. Die breiteren Maschen sind stets wenigstens einige mm lang, die schmäleren bisweilen nur einen Teil eines mm; beider Länge ist aber eine sehr verschiedene und kann ein bis mehrere cm betragen. Im allgemeinen finden sich diese längeren Maschen im mittleren und oberen Teil des Stengels, die kürzeren mehr an der Basis desselben. Durch je eine breitere Masche in der Faserschicht tritt ein Gefässbündel aus einem Blatt in den Stengel hinein, während die schmäleren Maschen mit dünnwandigen Parenchymzellen angefüllt sind.

Im untersten Stengelteil, bis in geringerer Entfernung vom Kotyledonenansatze finden sich zwischen den Fasern im Bündel kleinere oder grössere Interzellularen und sogar Lücken vor (Taf. V, Fig. 38, 42 und 43). Von dieser Stelle an bis zur obersten Region, also über weitaus den grössten Teil des Stengels schliessen die Fasern eng aneinander (Taf. III, Fig. 17), im obersten Teil treten zwischen denselben kleine Interzellularen auf (Taf. IV, Fig. 23), während in der unmittelbaren Nähe der Kapsel die Fasern wiederum vollständig aneinander schliessen (Taf. IV, Fig. 18). An dieser Stelle bilden die Fasern keine getrennten Bündel, sondern, wie im fünften

[1]) G. HAVENSTEIN l. c.

Kapitel beschrieben wurde, eine ringsum geschlossene Schicht, die mittels der Markverbindungen mit dem Marke im Zusammenhang steht (Taf. IV, Fig. 20).

Die vereinzelten Faserzellen im Bündel sind derart angeordnet, dass die Spitzen der nebeneinander liegenden Fasern sich in ungleicher Höhe befinden (Taf. II, Fig. 6). Dadurch ist die obere und die untere dünnere Spitze jeder Faser zwischen den dickeren Teilen benachbarter Fasern eingekeilt. Im Querschnitt der Bündel zeigen sich demzufolge nebeneinander grössere Zellen, welche den mittleren Teilen und sehr kleine, welche den Spitzen der Fasern entsprechen. Es ist deutlich, dass infolge dieser Anordnung der Einzelfasern und des Anastomosierens der benachbarten Bündel ein sehr fester Verband zwischen den Teilen des gesamten Fasersystems besteht. Dieses zeigt die Tatsache, dass man leicht die ganze Faserschicht wie ein zusammenhängendes Band vom inneren Teil des Stengels abheben kann.

Die Figuren 16, *a* bis *h*, Taf. III zeigen die Anordnung der Fasern und der Bündel in einander nahe liegenden Höhen des basalen Teils eines Stengels. Ich wählte für diese Darstellung absichtlich Querschnitte des unteren Stengelteils, weil an dieser Stelle die Veränderungen innerhalb der Bündel, infolge der grösseren Dicke und der geringeren Länge, welche die Fasern hier besitzen, deutlicher sind und sich innerhalb einer geringeren Strecke abspielen. Die Figuren stellen Teile von Querschnitten dar von einem jungen Stengel von 14 cm Länge. Die Querschnitte sind in einer Entfernung von 3 bis 3,5 cm von den Kotyledonen gemacht worden. An dieser Stelle hat das Längenwachstum des Stengels schon aufgehört, das sekundäre Wachstum desselben, das Wachstum des Faserdurchmessers und die Verdickung der Faserwand sind aber noch nicht beendigt. Aus dem 5 mm langen Stengelteil wurde eine Serie von 30 Querschnitten angefertigt und die übereinstimmenden Teile derselben wurden gezeichnet. Von diesen Zeichnungen sind, mit dem unteren Teil des Stengelabschnittes anfangend, die 1, 4, 8, 14, 15, 17, 27 und 30 hier dargestellt. Die oberste Figur bezieht sich auf den untersten Querschnitt. In den Figuren sind die übereinstimmenden Fasern mit den nämlichen Ziffern versehen. Diese Figuren zeigen nun, dass innerhalb einer Strecke von 5 mm die Faserbündel sich teilen, sich wieder vereinigen und dann wiederum in anderer Weise sich trennen. Weiter ergibt sich, dass in den höher geführten Querschnitten die niedriger gelegenen Fasern nach und nach verschwinden, wie die Fasern 12 und 14 der Fig. *a*, welche sich in der folgenden Figur nicht mehr vorfinden. Dem-

gegenüber treten neue höher liegende Fasern hinzu, wie in der Fig. *b* die Fasern 18 und 19. Die Vergleichung der aufeinanderfolgenden Figuren lehrt, wie einzelne Fasern nach oben zu fortwährend kleiner werden und verschwinden wie 5, andere, wie 10, werden anfangs grösser und darauf wieder kleiner bis zum Verschwinden. Einzelne Fasern, 2 und 7, finden sich in allen Querschnitten, diese sind also länger als der beobachtete Stengelteil von 5 mm; andere Fasern dagegen erweisen sich als sehr kurz, die Faser 19 tritt in der Fig. *b* zum ersten Male auf, ist in der Fig. *d* aber schon wieder verschwunden und in der nämlichen Weise findet sich die Faser 22 nur in den Fig. *c*, *d*, *e*, *f*. Die Fasern 16 und 17 der Fig. *a* trennen sich vom rechten Bündel und werden dem benachbarten Faserbündel zugefügt.

Im allgemeinen geht aus diesen Figuren hervor, dass die Faserbündel anastomosieren, die Spitzen der nebeneinander liegenden Fasern übereinander hinausragen und dass die Fasern innerhalb der Bündel so unregelmässig angeordnet sind, dass eine Faser, welche sich an der einer Stelle am Rande eines Bündels befindet, eine Strecke weiter in der Mitte desselben liegt.

§ 4. **Die Anzahl der Fasern im Stengelquerschnitt.**

In diesem Paragraphen werde ich die Anzahl der Fasern im Stengelquerschnitt behandeln, und zwar erörtern wie dieselbe an verschiedenen Stellen des einzelnen Stengels variiert, und in welcher Weise bei verschiedenen Stengeln, das heisst bei Stengeln verschiedener Länge und Dicke. Aus letzterem Studium wird die etwaige Beziehung zwischen der Anzahl der Fasern und diesen Stengelmerkmalen hervorgehen. Und weiter werde ich den Einfluss äusserer Faktoren, nämlich denjenigen des Bodens und des Standraumes, auf die Fasernzahl besprechen.

1. *Die Anzahl der Fasern im Querschnitt in verschiedener Höhe des einzelnen Stengels.*

In der Literatur finden sich nur spärliche Mitteilungen über die Fasernzahl im Stengelquerschnitt und wo über diesen Punkt berichtet wird, fehlt dennoch fast immer die Angabe in welcher Höhe des Stengels die Fasern gezählt wurden. Weil schon im sechsten Kapitel gezeigt worden ist, in wie bedeutendem Grade die Fasernzahl an den verschiedenen Stellen des Stengels variiert, ist es deutlich, dass solche Angaben nur geringen Wert beanspruchen. Das einzige mehr ausführliche Studium der Faser verdanken

wir HERZOG [1]) und dieser Autor hat schon die obengenannte Tatsache, dass die Anzahl der Fasern je nach der Stelle am Stengel schwankt, hervorgehoben. HERZOG zählte von 25 Stengeln die Fasern in der Wurzel und an drei Stellen des Stengels und fand durchschnittlich folgendes:

in der Wurzel	55	Fasern
in 25 cm Stengelhöhe	550	„
„ 50 „ „	530	„
„ 75 „ „	320	„

Dieses von HERZOG gefundene Verhältnis der Fasernzahl in verschiedener Höhe des Stengels wird durch meine eigenen, ausführlicheren Beobachtungen bestätigt. Es ist überflüssig, das bereits im sechsten Kapitel im Zusammenhang mit der Beschreibung der Tätigkeit des Vegetationskegels über diesen Punkt Gesagte hier ausführlich zu wiederholen. Kurz zusammengefasst ergab sich als allgemeines Resultat das Folgende. Die Anzahl der Fasern nimmt vom Kotyledonenansatz nach oben fortschreitend anfangs schnell zu, allmählich wird die Zunahme langsamer bis in etwa 0,3 der Stengelhöhe das Maximum erreicht wird. Dann findet nach oben zu über eine längere Strecke erst nur einige geringe Abnahme statt, aber gegen die Spitze hin wieder eine etwas schnellere. Die Fasernzahl ist demzufolge über einen grossen Teil des Stengels eine ansehnliche, nicht erheblich von der Maximumzahl abweichende; nur in den unteren und oberen Partien ist die Anzahl viel geringer. Es ist deutlich, dass ein derartiges Verhalten für den gesamten Faserertrag ein sehr günstiges ist.

2. *Die Beziehung zwischen der Fasernzahl im Stengelquerschnitt und der Stengeldicke.*

Nicht nur an den verschiedenen Stellen des einzelnen Stengels, sondern auch bei den verschiedenen Pflanzen variiert die Fasernzahl in sehr bedeutendem Grade. Es liegt nun die Frage nahe, ob sich eine Beziehung zwischen der Fasernzahl und den äusseren Merkmalen des Stengels nachweisen lässt und welches, falls ein solcher Zusammenhang besteht, das Verhalten desselben ist. Das Studium dieser Beziehung ist auch deshalb wichtig, weil sobald dieselbe bekannt ist, aus den äusseren, leicht wahrnehmbaren Merkmalen des Stengels mit mehr oder weniger Genauigkeit auf die Fasernzahl desselben geschlossen werden kann. Das meist eingehende Studium des Zusammenhanges, welcher zwischen zwei Merkmalen besteht, ist, wie wir

---

[1]) A. HERZOG, Beiträge zur Kenntniss der Flachsfaser. Oesterr. Chem. Zeit. I, 1898. No. 10, S. 310.

im vierten Kapitel sahen, das Studium der Korrelation der Variation der beiden Merkmale. Auf die Untersuchung dieser Korrelationserscheinung musste ich aber verzichten, denn es ist begreiflich, dass die genaue Zählung der Fasern von 200 oder 300 Stengeln unmöglich ist, weil es zu viel Zeit beanspruchen würde. Ich musste mich deshalb in diesem Falle, ebenso wie in allen später zu besprechenden, wo es sich um den Zusammenhang zwischen Fasermerkmalen und anderen Merkmalen handelt, auf das Studium der Reihenkorrelation beschränken. Ich werde mich also nur beschäftigen mit der Frage, ob zwischen den Merkmalen eine derartigen Beziehung besteht, dass die Individuen vollkommen oder mehr oder weniger unvollkommen zugleich nach beiden Merkmalen aufeinanderfolgend angeordnet werden können. Die Reihenkorrelation kann mittels einer geringeren Anzahl von Untersuchungsobjekten studiert werden, wenn diese nur mit Sorgfalt derart gewählt werden, dass sie zusammen die ganze Kultur vergegenwärtigen können. Dieses war mir möglich, weil mir für die mikroskopische Untersuchung das nämliche Material zur Verfügung stand, welches zum statistischen Studium der makroskopischen Merkmale gedient hatte. Ich konnte also Stengel wählen, deren Stellung in der Kurve bestimmter, äusserer Merkmale mir völlig bekannt war. Ich fügte dazu die 300 Stengel der dichtgesäten Kultur auf fettem Boden, welche bereits makroskopisch untersucht waren, der Länge nach in Gruppen von je 25 zusammen und erhielt also 12 Gruppen von zunehmender Länge. Ich ordnete die Stengel der Länge nach, weil dieses leicht vor sich geht, während die Anordnung von 300 Stengeln der Dicke nach viel mehr Zeit beanspruchen würde, denn die Unterschiede in der Stengeldicke sind nur durch Messung wahrnehmbar. Und für meinen Zweck ist es gleichgültig.

In der genannten Weise kombiniert, sind die Stengel nicht völlig der Dicke nach angeordnet, weil, wie wir im vierten Kapitel sahen, die Korrelation der Länge und der Dicke keine vollkommene ist. Wohl nimmt mit der Länge auch die durchschnittliche Stengeldicke der Gruppen zu, aber innerhalb jeder Gruppe von ungefähr gleicher Stengellänge variiert die Dicke noch bedeutend. Ich wählte nun von allen 12 Gruppen je den dünnsten, den dicksten und einen mitteldicken Stengel aus. Diese 36 Stengel vergegenwärtigen so gut wie möglich die genannte Kultur. Von jedem Stengel wurden nun die Fasern im Querschnitt in $^1/_4$ der Stengelhöhe gezählt, also etwa an der Maximumstelle, weil hier die Unterschiede in der Anzahl am meisten hervortreten, und zudem wurde der Stengeldurchmesser in dieser Höhe bestimmt. In der Tabelle 15 finden sich die erhaltenen Zahlen. Die Stengel sind von oben nach unten fortschreitend der Dicke nach angeordnet.

Tabelle 15.

Stengeldicke in mm.	Anzahl der Fasern.
0,55	188
0,68	232
0,68	239
0,70	282
0,73	300
0,76	324
0,77	358
0,80	356
0,87	397
0,87	415
0,92	422
0,93	489
0,95	415
0,96	465
0,97	479
1,03	512
1,03	587
1,07	575
1,11	519
1,12	608
1,14	580
1,17	680
1,21	550
1,22	570
1,22	656
1,27	670
1,32	630
1,35	745
1,35	860
1,37	817
1,49	820
1,59	822
1,64	871
1,68	1066
1,70	975
2,20	1110

Aus dieser Tabelle ergibt sich, dass kleinerer Unregelmässigkeiten ungeachtet, mit zunehmender Dicke auch die Fasernzahl zunimmt. Die dünnsten Stengel haben die geringste, die dicksten die grösste Anzahl von Fasern. Es besteht somit eine fast vollkommene Reihenkorrelation zwischen der Stengeldicke und der Fasernzahl. Dennoch ist die Fasernzahl nicht der Stengeldicke proportional. Wäre dies der Fall, so müsste, weil der dünnste Stengel, dessen Durchmesser 0,55 mm ist, 188 Fasern besitzt, z. B. ein Stengel von 1,10 mm Durchmesser die zweifache Anzahl, das ist 376 Fasern, ein Stengel von 1,65 mm, 564 Fasern und ein Stengel, dessen Durchmesser 2,20 mm ist, 752 Fasern haben. Stengel, welche ungefähr die genannten Dicken haben, besitzen aber, wie die Tabelle zeigt, je 519, 871 und 1110 Fasern also bedeutend mehr. Bei den untersuchten Stengeln nimmt somit die Fasernzahl viel schneller zu als die Stengeldicke.

Um auch den Zusammenhang zwischen dem Stengeldurchmesser und der Fasernzahl bei noch dickeren Stengeln zu studieren, untersuchte ich Pflanzen vom Rande der nämlichen Parzelle, welche die schon benutzten Stengel lieferte. Diese Pflanzen waren infolge des grösseren Standraumes, welcher denselben am äusseren Rande des Ackers geboten wurde, viel kräftiger entwickelt. Zudem untersuchte ich einige der weit voneinander entfernt kultivierten Pflanzen, ebenfalls vom fetten Boden stammend. Die untersuchten Stengel wiesen die in der Tabelle 16 angegebenen Zahlen für die Fasern auf.

Wie diese Tabelle zeigt, finden sich bei den dickeren Stengeln andere Verhältnisse zwischen der Stengeldicke und der Fasernzahl als bei den dünneren Pflanzen vor. Die Anzahl der Fasern nimmt bei diesen Stengeln von mehr als 2,6 mm Durchmesser mit der Dicken-

Tabelle 16.

Stengeldicke in mm.	Anzahl der Fasern.
2,60	1275
2,80	1146
3,00	986
3,18	1236
3,35	1104
3,50	1197
3,75	1359
3,80	844
4,30	1045
4,50	1250

zunahme des Stengels nicht viel mehr zu und es zeigen sich in der Reihe der Fasernzahlen der ihrer Dicke nach angeordneten Stengel sogar ansehnliche Unregelmässigkeiten. Der Stengel von 4,5 mm besitzt ungefähr die nämliche Anzahl der Fasern wie ein um etwa die Hälfte dünnerer Stengel, während, wie wir oben sahen, im Gegenteil bei den dünneren Stengeln die Fasernzahl in viel stärkerem Masse zunimmt als der Stengeldurchmesser. Es ergibt sich somit, wenn wir die Stengel in aufeinanderfolgender Reihe von sehr dünnen bis sehr dicken betrachten, dass die Fasernzahl anfangs sehr schnell steigt, bis schon bei einer Stengeldicke von etwa 2,5 mm eine Anzahl erreicht wird, welche selbst wenn die Dicke noch ums Zweifache zunimmt, nicht mehr nennenswert grösser wird. Die grösste Anzahl der Fasern findet sich also nicht nur in den allerdicksten Stengeln von 4 bis 5 mm Durchmesser, sondern auch in Stengeln, welche sehr viel dünner sind und sogar nur die Hälfte dieser Dicke zeigen. Hieraus geht hervor, dass die Anzahl der Fasern, welche von der Pflanze gebildet werden kann, beschränkt ist. Der Vegetationskegel ist nicht imstande mehr als eine gewisse Anzahl von Fasern, höchstens etwa 1400 zu bilden; selbst unter den günstigsten Wachstumsbedingungen bei den allerdicksten Individuen kann die Pflanze darüber nicht hinaus.

Zur leichteren Übersicht der Korrelation zwischen der Fasernzahl und der Stengeldicke habe ich in Fig. 4 eine graphische Darstellung beider Merkmale gegeben, aus den beiden obenstehenden Tabellen zusammengesetzt. Auf der Abscisse sind die Stengeldicken verzeichnet, indem die Ordinaten die Fasernzahlen, welche an der linken Seite verzeichnet sind, angeben. Die erhaltene Linie zeigt wie die Fasernzahl sich bei zunehmender Stengeldicke verhält. Von Unregelmässigkeiten abgesehen ist es deutlich, dass die Linie anfangs, bei den dünneren Stengeln, schnell steigt, bis bei einer Stengeldicke von etwa 2—2,5 mm eine Höhe erreicht wird, welche bei weiter vergrössertem Stengeldurchmesser im grossen und ganzen nur unbedeutend mehr zunimmt, die Linie verläuft dann im Durchschnitt fast der Abscisse parallel. Wäre die Fasernzahl der Stengeldicke proportional, so würde die Linie eine gerade, mehr oder weniger zur Abscisse geneigte sein. Die grossen Unregelmässigkeiten im rechten Teil der Linie zeigen, dass obgleich die dicksten

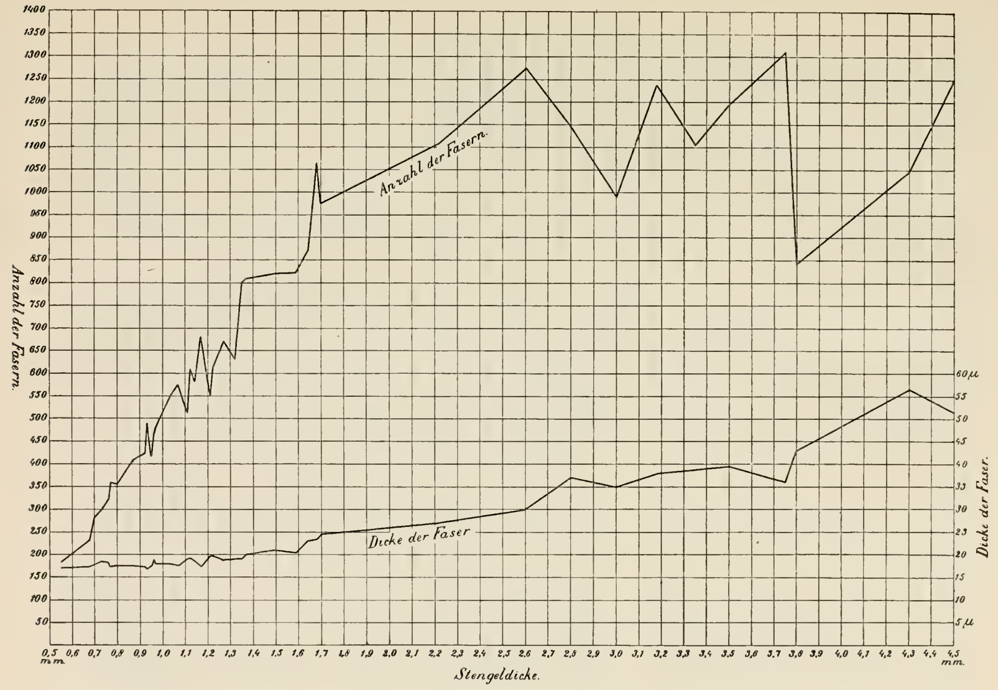


Fig. 4. Schematische Darstellung der Anzahl und der Dicke der Fasern in Stengeln verschiedener Dicke. Unterhalb der Abscisse sind die Stengeldicken verzeichnet, an der linken Seite der Figur die Anzahlen der Fasern und an der rechten Seite die Dicken derselben.

Stengel im allgemeinen die grösste Anzahl von Fasern besitzen, dennoch die Anzahl bei den verschiedenen, sehr dicken Individuen sehr grossen Schwankungen unterworfen ist. Es können Stengel, deren Dicke nur sehr wenig auseinander geht, einen sehr bedeutenden Unterschied in der Fasernzahl aufweisen, wie die zwei Stengel mit einer Dicke von 3,75 und 3,80 mm, beziehungsweise mit 1359 und 844 Fasern zeigen. Hätte ich die Linie anstatt aus Einzelbeobachtungen aus den Mittelwerten einer sehr grossen Anzahl von Beobachtungen konstruieren können, so würden die Unregelmässigkeiten aus derselben verschwunden sein. Die Linie würde dann den an der linken Seite schräg steigenden und weiter der Abscisse mehr parallelen Verlauf deutlicher zeigen.

Während die Fasernzahl bei den verschieden dicken Pflanzen in den mittleren Teilen des Stengels bedeutend variiert, zeigt dieselbe an der Basis nur relativ geringe Unterschiede. Schon im sechsten Kapitel haben wir gesehen, wie die Fasernzahl an der Basis der um einige Male dickeren Stengel der weit voneinander entfernt kultivierten Pflanzen nicht von der der dünneren Pflanzen der dichtgesäten Kultur abweicht. Zum weiteren Beweis dieser Tatsache füge ich hier die Fasernzahlen mehrerer Stengel aus verschiedenen Kulturen hinzu. Alle Zählungen beziehen sich auf Querschnitte einige wenige mm oberhalb des Kotyledonenansatzes. In der ersten Spalte ist die Kultur angegeben, in der zweiten die Stengeldicke an der betreffenden Stelle.

Tabelle 17.

Kultur.	Stengeldicke in mm.	Anzahl der Fasern.
dichtstehend, auf fettem Boden. .	0,45	143
„ „ „ „ . .	0,70	149
„ „ „ „ . .	0,75	172
„ „ „ „ . .	1,00	175
„ „ „ „ . .	1,05	185
„ „ „ „ . .	1,05	220
„ „ „ „ . .	1,20	204
„ „ „ „ . .	1,30	208
„ „ „ „ . .	1,53	217
dichtstehend, auf magerem Boden	0,67	131
„ „ „ „	0,98	188
Acker in Usquert	0,78	155
„ „ „	1,45	217
„ „ „	1,90	213
weitstehend, auf magerem Boden	1,28	183
„ „ „ „ .	1,85	167
weitstehend, auf fettem Boden . .	4,25	205
„ „ „ „ . .	5,45	180

Während die Dicke bei den untersuchten Stengeln grosse Unterschiede zeigt, variiert die Fasernzahl, welche im mittleren Teil bei den verschiedenen Stengeln so bedeutend auseinander geht, hier an der Basis relativ nur sehr wenig. Der Einfluss der mehr oder weniger günstigen Wachstumsbedingungen, welche zugleich die verschiedene Stengeldicke und die verschiedene Fasernzahl verursachen, hat sich an dieser Stelle noch nicht nennenswert geltend gemacht. Nur eine geringe Andeutung dieses Einflusses ist sichtbar bei den Pflanzen der dichtgesäten Kultur auf fettem Boden. Dieselben zeigen ihrer Dicke nach angeordnet auch eine geringe Zunahme der Fasernzahl.

Nach und nach beim weiter Wachsen der Pflanzen üben die auseinander gehenden Wachstumsbedingungen, welchen die verschiedenen Individuen ausgesetzt sind, immer mehr ihren Einfluss auf die Bildungstätigkeit des Vegetationskegels aus, und die Anzahl der von diesem gebildeten Fasern, welche im frühen Jugendstadium der Pflanzen, das heisst an der Basis, bei den verschiedenen Individuen nur wenig variiert, weist später die grossen

Unterschiede, die wir oben kennen lernten, auf. Im oberen Teil der verschieden dicken Stengel aber verschwinden diese Unterschiede wieder, wie dies aus der Vergleichung der Tabellen 13 und 14, S. 147 und 157, welche sich auf einen mitteldicken und einen sehr dicken Stengel beziehen, hervorgeht. An derjenigen Stelle des Stengels, welche dem Maximum der Bildungstätigkeit des Urmeristems entspricht, dass heisst in etwa 0,3 der Höhe, wird somit die Beziehung zwischen der Fåsernzahl und der Stengeldicke am deutlichsten hervortreten. Sowohl gegen die Spitze des Stengels hin wie nach unten zu wird dieser Zusammenhang allmählich unmerkbar, weil die Anzahl der Fasern im oberen und im unteren Teil verschiedener Stengel nur unbedeutend auseinander geht.

3. *Die Beziehung zwischen der Fasernzahl im Stengelquerschnitt und der Stengellänge.*

Um die etwaige Reihenkorrelation zwischen diesen beiden Merkmalen zu studieren, werden wir die früher genannten 36 Stengel jetzt ihrer Länge nach anordnen. In der folgenden Tabelle ist ausser Stengellänge und Fasernzahl auch die Stengeldicke angegeben, damit auch die drei Merkmale miteinander verglichen werden können. Die Stengel gleicher Länge sind durch Klammern verbunden.

Tabelle 18.

Stengellänge in cm.	Anzahl der Fasern.	Stengeldicke in mm.
50	188	0,55
60	656	1,22
60,5	365	0,80
63	575	1,07
64	479	0,97
64	358	0,77
68	239	0,68
68	397	0,87
68	680	1,17
68,5	232	0,68
69	300	0,73
70	489	0,93
70	817	1,37
71	282	0,70
71,5	465	0,96
72	860	1,35
75	745	1,35
75	519	1,11
76	324	0,76
78	587	1,03
78	415	0,87
79,5	630	1,32
81	608	1,12
81	1066	1,68
82	570	1,22
82,5	975	1,70
83,5	415	0,95
84	422	0,92
84	820	1,49
85	550	1,21
85	1110	2,20
88	512	1,03
90	580	1,14
90	670	1,27
93	871	1,64
99	822	1,59

Wir sehen in dieser Tabelle von oben nach unten fortschreitend mit zunehmender Länge die Fasernzahl, ungeachtet der vielen und bedeutenden Schwankungen, im allgemeinen zunehmen. Es besteht somit zwischen beiden Merkmalen eine Reihenkorrelation, aber diese ist in starkem Grade unvollkommen. Die Art dieser Korrelation werde ich unten besprechen. Aus der Tabelle ergibt sich, dass Stengel gleicher oder nahezu gleicher Länge sehr grosse Unterschiede in der Fasernzahl aufweisen können, wie besonders die Stengel mit einer Länge von 68, 70, 75, 81, 84 und 85 cm beweisen. Von den beiden Stengeln, welche 85 cm lang sind, besitzt der eine 550, der andere 1110 Fasern, also ums Zweifache mehr. Noch stärker tritt der Unterschied in der Fasernzahl hervor bei zwei Stengeln, welche je eine Länge von 70 und 71 cm haben; von diesen beiden hat ersterer 817, der zweite 282 Fasern im Querschnitt.

Anderseits können Stengel, welche nahezu die nämliche Anzahl von Fasern besitzen, grosse Längenunterschiede zeigen. Es hat z. B. ein Stengel von 70 cm 817, und einer von 99 cm 822 Fasern, also einen nicht nennenswerten Unterschied der Fasernzahl, indem der eine 29 cm länger ist als der andere, ebenso findet sich eine fast gleich grosse Fasernzahl, nämlich 656 und 670 bei zwei Stengeln, die je 60 und 90 cm lang sind, also einen Unterschied von 30 cm aufweisen.

Was die Beziehung zwischen den drei Merkmalen; Stengellänge, Stengeldicke und Fasernzahl betrifft, ergibt sich das Folgende. Gleich lange Stengel mit sehr auseinander gehenden Fasernzahlen zeigen, wie aus der Tabelle hervorgeht, einen grossen Unterschied in der Dicke, dagegen haben die Stengel verschiedener Länge, aber nahezu gleicher Fasernzahl auch ungefähr den nämlichen Durchmesser. Die Anzahl der Fasern im Stengel wird also fast nur von der Dicke bedingt, und steht nicht in unmittelbarem Zusammenhang mit der Stengellänge, oder der Zusammenhang zwischen beiden Merkmalen ist jedenfalls so gering, dass dieselbe sich nur mittels einer viel ausführlicheren Untersuchung bei einer sehr viel grösseren Stengelzahl nachweisen liesse. Dass dennoch, wie wir oben sahen, eine zwar sehr unvollkommene Reihenkorrelation zwischen der Anzahl der Fasern und der Stengellänge besteht, ist eine Folge von der Reihenkorrelation der Stengellänge und der Stengeldicke im Zusammenhang mit der Reihenkorrelation der Fasernzahl und der Stengeldicke. Im allgemeinen sind die längsten Stengel die dicksten, die kürzesten die dünnsten und demzufolge werden im allgemeinen die längsten Stengel die grösste, die kürzesten die geringste Fasernzahl aufweisen. Aber innerhalb einer Gruppe von Stengeln gleicher Länge

variiert die Dicke ansehnlich und diese Stengel zeigen nicht eine mit der gleichen Länge übereinstimmende gleiche Faserzahl, sondern auseinander gehende Anzahlen, welche nur von der Dicke abhängig sind. Die Faserzahl steht somit, insofern es sich aus den hier angegebenen Zahlen beurteilen lässt, nur insoweit mit der Stengellänge im Zusammenhang als aus der Korrelation der Stengellänge und Stengeldicke einerseits und der Beziehung der Stengeldicke und der Faserzahl anderseits notwendig folgen muss.

Die oben beschriebenen Verhältnisse der Faserzahl und der Stengeldicke und Stengellänge bezogen sich auf die Pflanzen der Kultur auf fettem Boden im botanischen Garten. Ich untersuchte in derselben Weise, aber weniger ausführlich die Pflanzen anderer Kulturen, nämlich von magerem Boden im botanischen Garten und von den Äckern in Sappemeer und in Usquert und erhielt bei allen völlig die nämlichen Resultate für den Zusammenhang zwischen den genannten Merkmalen.

4. *Der Einfluss des Bodens auf die Faserzahl im Stengelquerschnitt.*

Bei der Beantwortung der Frage, ob der Boden Einfluss auf die Anzahl der Fasern ausübt, ist es notwendig zwei Fälle scharf zu unterscheiden, je nachdem die einzelnen Individuen oder die gesamten Kulturen betrachtet werden. Erstens kann der Einfluss des Bodens derart sein, dass Stengel gleicher Dicke von den Kulturen auf verschiedenem Boden eine verschiedene Anzahl von Fasern besitzen, dass also das Verhältnis zwischen Stengeldicke und Faserzahl vom Boden beeinflusst wird.

Es ist aber auch möglich, dass der Einfluss des Bodens nur in solcher Weise sich äussert, dass, obgleich Stengel gleicher Dicke von verschiedenem Boden stammend die nämliche Anzahl von Fasern aufweisen, die durchschnittliche Faserzahl der Pflanzen verschiedener Kulturen eine verschiedene ist in Übereinstimmung mit der grösseren oder geringeren mittleren Stengeldicke auf den verschiedenen Böden. Ich möchte diese beiden Fälle als einen direkten und einen indirekten Einfluss des Bodens einander gegenüber setzen.

Zur Beleuchtung des ersten Punktes untersuchte ich mehrere Pflanzen auf verschiedenen Böden kultiviert, nämlich ausser den bereits genannten des fetten Bodens im botanischen Garten die des mageren Bodens daselbst und weiter die von den Äckern in Usquert und in Sappemeer.

Ich wählte aus jeder Kultur einige dünnen, dicken und mitteldicken Stengel aus und verglich die Faserzahl derselben mit derjenigen der auf fettem Boden kultivierten Pflanzen mit möglichst genau demselben Durchmesser. Die Fasern wurden wieder auf dem Querschnitte in $^1/_4$ der Höhe des Stengels gezählt.

In den folgenden drei Tabellen ist in der erste Spalte die Stengeldicke angegeben, in der zweiten die Fasernzahl der Stengel auf fettem Boden kultiviert und in der dritten die Anzahl in den Stengeln derjenigen Kultur, welche mit ersterer verglichen werden soll.

Vergleichen wir zuerst die Fasernzahl in Stengeln gleicher Dicke aus den Kulturen vom fetten und vom mageren Boden im botanischen Garten, Tabelle 19. Es ergibt sich dann, dass kein nennenswerter Unterschied zwischen beiden vorhanden ist. Bei mehreren Stengeln stimmt die Fasernzahl merkwürdig genau überein, bei den übrigen, wo die Unterschiede etwas grösser sind, ist entweder die Anzahl in den Stengeln des fetten Bodens oder diejenige in den Pflanzen des mageren Bodens am grössten. Wie die unterhalb der Reihen angedeuteten Totalsummen beweisen, zeigen weder die Pflanzen der einen noch die der anderen Kultur eine im allgemeinen höhere Fasernzahl und

Tabelle 19.

Stengeldicke in mm.	Anzahl der Fasern.	
	Fetter Boden im bot. Garten.	Magerer Boden im bot. Garten.
0,55	188	186
0,68	235	291
0,70	282	283
0,73	300	320
0,77	358	356
0,80	356	359
0,87	406	367
0,92	422	447
0,95	415	572
0,97	479	450
1,03	549	510
1,07	575	519
1,11	519	575
1,14	580	588
1,22	613	594
1,27	670	608
1,49	820	766
	7767	7791

Tabelle 20.

Stengeldicke in mm.	Anzahl der Fasern.	
	Fetter Boden im bot. Garten.	Acker in Usquert.
0,55	188	195
0,77	358	357
0,87	406	428
1,03	549	594
1,14	580	584
1,22	613	664
1,27	670	649
1,35	802	779
1,49	820	660
1,59	822	813
1,64	871	812
1,70	975	985
2,20	1110	1050
	8764	8570

Tabelle 21.

Stengeldicke in mm.	Anzahl der Fasern.	
	Fetter Boden im bot. Garten.	Acker in Sappemeer.
0,68	235	245
0,80	356	293
1,03	549	335
1,14	580	480
1,22	613	496
1,27	670	620
1,49	820	558
1,59	822	585
1,64	871	560
1,70	975	686
2,20	1110	1012
	7601	5870

diese ist im Durchschnitt also bei beiden Kulturen die nämliche. Es geht hieraus hervor, dass in diesem Falle der Boden keinen Einfluss auf das Verhältnis zwischen der Stengeldicke und der Fasernzahl ausübt. In gleicher Weise zeigt sich auch kein ausgeprägter Unterschied in der einen oder der anderen Richtung zwischen der Fasernzahl, welche die Pflanzen vom fetten Boden und die vom Acker in Usquert aufweisen. Obgleich die Anzahlen nicht genau übereinstimmen sind die Unterschiede relativ nur gering und entweder bei den Pflanzen von der einen oder bei denjenigen der anderen Kultur höher, während die Totalsummen nicht viel auseinander gehen. Auch hier übt also der Boden in diesem Sinne keinen Einfluss auf die Fasernzahl aus. Vergleichen wir jetzt aber die Fasernzahlen der Stengel vom Acker in Sappemeer mit denjenigen der Pflanzen vom fetten Boden im botanischen Garten, so fällt hier sogleich der Unterschied zwischen den Reihen beider Zahlen in die Augen. Ausgenommen bei den Stengeln von 0,68 mm Durchmesser, wo die Anzahl bei der Pflanze vom Acker in Sappemeer um ein wenig höher ist, ist bei allen übrigen Stengeln die Anzahl der Fasern bei den Pflanzen dieser Kultur geringer. Wären die Unterschiede nur sehr gering, so würde

ich dieser Tatsache keinen grossen Wert beilegen, die Unterschiede sind aber, wie auch die Totalsummen beweisen, so gross, dass hier ein indertat ansehnlicher Einfluss des Bodens nicht zu leugnen ist. Weil die in den Stengeln vom Acker in Sappemeer auftretende Fasernzahl geringer ist als die in den Stengeln gleicher Dicke des fetten Bodens, so findet sich eine bestimmte Anzahl von Fasern bei ersteren in dickeren Stengeln vor als in den übrigen Kulturen.

Aus obenstehenden Resultaten, hervorgegangen aus der Vergleichung der Kulturen auf den 4 verschiedenen Bodenarten, ergibt sich, dass es nicht in erster Stelle die Fruchtbarkeit des Bodens ist, welche die Anzahl der Fasern, das heisst das Verhältnis zwischen der Stengeldicke und der Fasernzahl bedingt. Denn die Pflanzen auf sehr magerem, unfruchtbarem Boden im botanischen Garten kultiviert, unterscheiden sich in dieser Hinsicht nicht von denjenigen des fetten Bodens daselbst oder vom fruchtbaren Acker in Usquert, während anderseits der abgetorfte Moorboden in Sappemeer, auf welchem die Pflanzen eine geringere Fasernzahl aufweisen, durchaus nicht ein unfruchtbarer Boden zu nennen ist; derselbe ist jedenfalls viel fetter als der magere Sandboden im botanischen Garten. Nun ist zwar die Fruchtbarkeit eines Bodens ein wenig scharfer Begriff und von vielen Faktoren abhängig. Düngungsversuche unter Leitung des Herrn Veenhuizen, [1]) Kulturchef, im nämlichen Jahre auf dem Acker in Sappemeer angestellt, lehrten aber, dass grössere oder geringere Mengen verschiedener Düngungsmittel, zwar einigen Einfluss auf den erhaltenen Flachs ausübten, aber dennoch nicht imstande waren den Boden dort derart zu verändern, dass der Flachs sich von dem des ungedüngten Teils des Ackers günstig unterschied. Weder die Menge der vorhandenen, gewöhnlichen Nährstoffe, noch die Art derselben scheint demnach der Hauptfaktor bei der Faserbildung zu sein und es müssen uns noch unbekannte Bedingungen des Bodens, es sei das Vorhandensein noch nicht beachteter Nährstoffe, besonderer Verhältnisse der Nährstoffe oder besonderer Beschaffenheit des Bodens dabei eine wichtige Rolle spielen.

Für den Einfluss des Bodens auf die Fasernzahl in der Kultur als Ganzes ist es deutlich, dass, weil die Fasernzahl mit der Stengeldicke variiert, in derjenigen Kultur, in welcher der mediane Wert der Stengeldicke am grössten ist, auch die Fasernzahl den grössten medianen Wert zeigen wird. Der mediane Wert der Fasernzahl lässt sich einigermassen bestimmen mit Hilfe der oben gefundenen Tatsache, dass die Reihenkorrelation zwischen der Stengeldicke und der Fasernzahl eine fast vollkommene ist. Die Stengel, ihrer Dicke nach ange-

[1]) Verslag van het Centraal-veenkoloniaal Landbouwproefveld te Sappemeer, 1903 en 1904, S. 40.

ordnet, zeigen, kleinerer Unregelmässigkeiten ungeachtet, auch eine aufeinanderfolgende Reihe für die Fasernzahl. Es wird somit der in der Mitte dieser Reihe liegende Stengel, welcher den medianen Wert der Dicke zeigt, zugleich auch ungefähr den medianen Wert der Fasernzahl aufweisen. Wie ich schon früher betonte, ist der in dieser Arbeit gegebene mediane Wert der Stengeldicke geringer als der mediane Wert beim Flachs des Handels, weil ich auch die dünnsten Stengel, welche bei der Ernte auf dem Felde zurückbleiben, berücksichtigte.

Die hier gegebene, mediane Anzahl der Fasern wird demnach auch geringer sein, als wenn ich die dünneren Stengel ausgeschieden hätte.

In der folgenden Tabelle habe ich die aus den statistischen Untersuchungen des dritten Kapitels hervorgegangenen, medianen Werte der Stengeldicke in verschiedenen Kulturen angegeben und daneben die im Zusammenhang mit der Stengeldicke aus den Beobachtungen abgeleiteten, medianen Werte der Fasernzahl. Ich betone aber nachdrücklich, dass letztere nur annährend genau sind.

Tabelle 22.

	Medianer Wert der Stengeldicke in mm.	Medianer Wert der Anzahl der Fasern.
fetter Boden, dichtstehend. .	0,91	400
magerer Boden, dichtstehend.	0,74	300
Usquert.	1,11	550
Sappemeer	1,00	300
fetter Boden, weitstehend . .	4,04	1100—1200
magerer Boden, weitstehend .	2,78	1100—1200

Für die beiden letzten Kulturen, in welchen der mediane Wert der Stengeldicke sehr gross ist, musste ich, der geringen Anzahl der Beobachtungen wegen, wie aus der Fig. 4, S. 176 hervorgeht, mich begnügen mit der Angabe zweier Grenzen, zwischen denen der mediane Wert der Fasernzahl liegt.

Die drei ersten Kulturen, bei denen, unabhängig vom Boden, gleich dicke Stengel die nämliche Anzahl der Fasern besitzen, zeigen erhebliche Unterschiede in der medianen Fasernzahl. In Übereinstimmung mit den medianen Werten der Stengeldicke zeigt der Flachs von Usquert eine bedeutend höhere mediane Fasern-

zahl und derjenige vom mageren Boden eine viel geringere als der Flachs vom fetten Boden im Garten. Und diese höhere und geringere mediane Werte der Fasernzahl deuten an, dass die betreffenden Kulturen als Ganzes mehr und weniger Fasern besitzen als die gesamte Kultur des fetten Bodens. Die Fasernzahl erweist sich also, wenn wir die ganze Kultur betrachten für Bodenunterschiede sehr empfindlich.

Der Flachs von Sappemeer zeigt einen höheren medianen Wert der Stengeldicke als der des fetten Bodens. Dennoch ist die mediane Fasernzahl geringer und ungefähr der des viel dünneren Flachses des mageren Bodens gleich. Die Ursache ist dass, wie wir oben sahen, der Boden in Sappemeer einen derartigen Einfluss ausübt, dass die Stengel dort eine geringere Fasernzahl besitzen als Stengel gleicher Dicke der anderen Kulturen. Der dickere Flachs vom Acker in Sappemeer zeigt somit was die ganze Kultur betrifft eine geringere Fasernzahl als der dünnere Flachs des fetten Bodens und es ist begreiflich, dass dieses Verhalten für die Praxis, wo es sich um den Faserertrag handelt, ein ungünstiges ist.

Die sehr dicken Stengel der weitstehenden Kulturen sowohl auf fettem wie auf magerem Boden weisen, obgleich ihre Dicke bedeutend auseinander geht, keine nennenswerten Unterschiede in der Fasernzahl auf. Denn wie aus der Fig. 4, S. 176 hervorgeht, ist die Anzahl der Fasern eines Stengels von 2,78 mm von derjenigen eines Stengels von 4,04 mm Dicke nicht merkbar verschieden und die Anzahl beider muss, abgesehen von Unregelmässigkeiten der Linie, auf etwa 1100—1200 geschätzt werden. Bei den durch sehr grossen Standraum entstandenen, sehr dicken Stengeln übt somit der Boden keinen Einfluss mehr auf die Fasernzahl aus. Schon auf magerem Boden sind die Stengel dann so dick, dass sie die möglichst hohe Fasernzahl aufweisen. Es geht hieraus hervor, dass die Anzahl der Fasern bei sehr grossem Standraum für den Unterschied des fetten und des mageren Bodens im botanischen Garten nicht empfindlich ist und der Empfindlichkeitskoeffizient für den Boden ist in diesem Falle also gleich Null, während derjenige der Stengeldicke noch sehr bedeutend, sogar + 0,31 ist. Dagegen ist, wie wir oben sahen, in den dichtgesäten Kulturen die gesamte Fasernzahl für Bodenunterschiede sehr empfindlich und der aus den beiden medianen Werten berechnete Empfindlichkeitskoeffizient der Fasernzahl bei den Kulturen auf fettem und auf magerem Boden ist $\frac{400-300}{400} = +0{,}25$, also ein indertat bedeutender Wert, während der Empfindlichkeitskoeffizient der Stengeldicke hier sogar geringer, nämlich + 0,18 ist.

5. *Der Einfluss des Standraumes auf die Fasernzahl im Stengelquerschnitt.*

Den direkten Einfluss dieses Faktors auf die Fasernzahl habe ich nicht untersucht, weil mir keine genügende Anzahl gleich dicker Stengel von Kulturen mit sehr verschiedenem Standraum zur Verfügung stand. Ich habe mich deshalb nur mit dem Einfluss des Standraumes auf die Kultur in ihrem ganzen Umfang beschäftigt.

Über diesen Gegenstand sind nur von HAVENSTEIN [1]) einige Versuche angestellt worden. Er zählte die Fasern im Querschnitt der bereits früher genannten Kulturen mit verschiedener Saatdichte. Bei diesen verhielt sich das ausgesäte Saatquantum wie 1, 2 und 3, die geringste Menge nach 1,33 Hektoliter pro Hektar berechnet. Er fand die durchschnittliche Fasernzahl bei je 5 Stengeln jeder Kultur $732^1/_3$, $819^1/_3$ und 927, während die Stengeldurchmesser je 1,818, 1,948 und 2,323 mm betrugen. HAVENSTEIN schloss hieraus das Folgende: „Stengel, welche im Besitz einer grössern Bodenoberfläche von vornherein die Tendenz haben, stärker in die Dicke zu wachsen als andere sehr dicht stehende, bilden auch mehr Bastzellen."

Bei meinen eigenen Untersuchungen verglich ich die medianen Werte der Fasernzahl der zwei Kulturenpaare im botanischen Garten, nämlich die der dicht- und die der weitstehenden Kulturen auf fettem Boden und die der beiden Kulturen auf magerem Boden. Oben ist für die mediane Fasernzahl der dichtgesäten Kultur auf fettem Boden 400 angegeben, für die der weitstehenden Pflanzen 1100—1200 und hieraus ergibt sich als Empfindlichkeitskoeffizient für den Standraum bei fettem Boden + 0,64 bis + 0,66, während der Koeffizient dieses Merkmals für den Standraum bei magerem Boden + 0,73 bis + 0,75 beträgt, also noch etwas höher ist. Es zeigt sich somit, dass die Fasernzahl für Unterschiede des Standraumes, wie der Boden auch sein mag, äusserst empfindlich ist. Der Einfluss des Standraumes auf dieses Merkmal übertrifft also denjenigen des Bodens. Die Empfindlichkeit der Fasernzahl für den Standraum ist nicht viel geringer als die der Stengeldicke, deren Empfindlichkeitskoeffiziente bei fettem und bei magerem Boden + 0,77 und + 0,73 sind. Dennoch verhalten Stengeldicke und Fasernzahl sich dem Standraum gegenüber sehr verschieden. Beide Merkmale sind in dieser Hinsicht sehr empfindlich und beide nehmen mit zunehmendem Standraum schnell zu. Es wird aber schon bei nicht sehr grossem Standraum die möglichst hohe Fasernzahl gebildet. Dies zeigten die von mir untersuchten Randpflanzen der Parzellen, welchen

[1]) G. HAVENSTEIN, l. c. S. 40.

ein etwas grösserer Raum als den in der Mitte des Beetes stehenden Pflanzen zur Verfügung stand. Wird der den Pflanzen gebotene Raum noch grösser, so übt dies keinen oder nur geringen Einfluss mehr auf die Fasernzahl aus, während die Dicke noch ansehnlich zunimmt. Hieraus geht hervor, dass die grösste Empfindlichkeit der Fasernzahl für den Standraum sich dort findet, wo dieser Raum noch nicht sehr gross ist, also unter Umständen, wie sie in der gewöhnlichen Kultur auftreten.

§ 5. Die Anzahl der Faserbündel im Stengelquerschnitt.

Die Anzahl der im Vegetationskegel angelegten Faserbündel stimmt ziemlich genau mit der Anzahl der primären Xylemstränge überein und auch später findet sich oft der ursprüngliche Zusammenhang noch in der übereinstimmenden Anzahl oder Lage beider zurück. Es gibt aber zwei Faktoren, welche eine Veränderung der ursprünglichen Anzahl der Faserbündel veranlassen, nämlich erstens die Verschmelzung benachbarter Bündel und zweitens die Zerteilung der einzelnen Bündel. Im sehr frühen Stadium können beim Wachsen des Durchmessers der einzelnen Fasern die von denselben gebildeten Bündel sich derart auch in tangentialer Richtung ausdehnen, dass die wenigen Parenchymzellen, welche die benachbarten Bündel voneinander trennen, zur Seite gedrängt werden und zwei Bündel zu einem einzigen verschmelzen. Hierdurch wird die Anzahl der Bündel vermindert. Später aber kommt es vor, dass die Bündel, an Stellen, wo das sekundäre Wachstum bedeutend ist, infolge der starken Ausdehnung, welche der ganze Faserring erfährt, in mehrere Teile zerlegt werden. Demzufolge wird ihre Anzahl vermehrt. Dennoch ist die Anzahl der Faserbündel im allgemeinen die nämliche wie die der primären Xylemstränge und die Anzahl beider ist denselben Gesetzen unterworfen. In derselben Weise wie die Anzahl der primären Xylemstränge variiert die Anzahl der Faserbündel, erstens an verschiedenen Stellen des einzelnen Stengels und zweitens bei den verschiedenen Individuen. Die folgende Tabelle 23 zeigt in welcher

Tabelle 23.

Entfernung vom Kotyledonen-ansatz.	Anzahl der Faserbündel.	Anzahl der primären Xylem-stränge.
0,5 mm	22	14
0,5 cm	18	14
1 "	15	15
2 "	23	16
4 "	20	18
12 "	22	24
15 "	24	24
21 "	24	24
24 "	30	29
30 "	25	26
40 "	27	26
55 "	22	21
75 "	13	13

Weise die Bündelzahl zwischen der Basis und der Spitze eines Stengels variiert. Zudem ist die Anzahl der primären Xylemstränge, welche sich an denselben Stellen vorfinden, angegeben. Im allgemeinen zeigt die Anzahl der Faserbündel den Stengel entlang das nämliche Verhalten wie die Anzahl der Xylemstränge, dieselbe nimmt zu, erreicht ein Maximum und nimmt bis zur Spitze wieder ab. Die Bündelzahl zeigt aber aus den oben genannten Gründen mehr Unregelmässigkeiten. An der Basis, wo das sekundäre Wachstum am stärksten ist, findet sich eine grössere Anzahl infolge der Zerteilung der einzelnen Bündel. Dennoch fällt die Übereinstimmung der Anzahl der Bündel und der Stränge, selbst in diesem einzigen Beispiel, genügend deutlich in die Augen.

Auch bei den verschiedenen Individuen variiert die Bündelzahl, selbst wenn man übereinstimmende Stellen der Stengel miteinander vergleicht. Nach HAVENSTEIN [1]) „scheint der Umfang des Stengels keinen Einfluss auf die Zahl der Bastbündel zu haben". Dieser Satz ist aber nur durch eine sehr geringe Anzahl von Beobachtungen begründet und zudem hat HAVENSTEIN, der noch unbekannt war mit dem Verhalten der Bündelzahl in verschiedener Höhe des Stengels, wahrscheinlich nicht immer übereinstimmende Punkte miteinander verglichen.

In der folgenden Tabelle sind mehrere Stengel der dichtgesäten Kultur auf fettem Boden der Dicke nach angeordnet, und findet man die Bündelzahl in $^1/_4$ der Höhe daneben angedeutet. Diese 46 Stengel sind die nämlichen wie die, deren Fasernzahl an derselben Stelle des Stengels in den Tabellen 15 und 16, S. 174 und 175 angegeben ist.

Tabelle 24.

Stengeldicke in mm.	Anzahl der Faserbündel.	Stengeldicke in mm.	Anzahl der Faserbündel.
0,55	25	0,92	27
0,68	25	0,93	27
0,68	29	0,95	23
0,70	21	0,96	27
0,73	27	0,97	33
0,76	24	1,03	33
0,77	25	1,03	30
0,80	24	1,07	36
0,87	26	1,11	29
0,87	27	1,12	24

[1]) G. HAVENSTEIN, l. c. S. 39.

Stengeldicke in mm.	Anzahl der Faserbundel.	Stengeldicke in mm.	Anzahl der Faserbündel.
1,14	33	1,68	36
1,17	22	1,70	36
1,21	30	2,20	37
1,22	30	2,60	35
1,22	22	2,80	33
1,27	30	3,00	33
1,32	38	3,18	39
1,35	31	3,35	40
1,35	25	3,50	36
1,37	33	3,75	32
1,49	26	3,80	36
1,59	41	4,30	28
1,64	33	4,50	40

Es ergibt sich hieraus, dass die Anzahl der Bündel zwischen 21 und 41 schwankt und dass im allgemeinen die dickeren Stengel die grösste Anzahl aufweisen. Es besteht also eine sei es auch unvollkommene Reihenkorrelation zwischen der Anzahl der Bündel und der Stengeldicke, obgleich der Zusammenhang zwischen diesen beiden Merkmalen viel weniger deutlich in den Vordergrund tritt als derselbe indertat ist. Denn, wie gesagt, ist die Anzahl der Bündel nicht immer mehr genau dieselbe wie die, welche im Vegetationskegel angelegt wurde. Dennoch zeigt es sich, dass mit der Stengeldicke die Anzahl der Bündel im grossen und ganzen zunimmt, aber nicht der Dicke proportional. Sehr dicke Stengel von 3,5 bis 4,5 mm weisen keine nennenswert grössere Anzahl der Bündel auf als viel dünnere, deren Durchmesser z. B. nur $^1/_2$ oder $^1/_3$ dieser Dicke beträgt. Auch in der Bildung der Anzahl der Bündel zeigt sich der Vegetationskegel also beschränkt; derselbe kann unter günstigen Wachstumsbedingungen zwar eine grössere Anzahl von Bündeln bilden, aber nur bis zu einer gewissen Grenze, werden die Umstände noch günstiger, und zeigt sich das in den viel dickeren Stengeln, so vermehrt sich dennoch die vom Vegetationskegel gebildete Bündelzahl nicht mehr. Dieses Resultat stimmt überein mit dem, was wir im sechsten Kapitel für die Anzahl der primären Xylemstränge bei Stengeln sehr verschiedener Dicke fanden. Dort ergab sich, dass die Anzahl dieser Stränge im Verhältnis zum Dickenunterschied der Stengel nur sehr wenig auseinander geht.

An der Basis der Stengel, wo die Anzahl der primären Xylemstränge nur geringe Unterschiede aufweist, würde man, weil, wie wir im dritten Kapitel

sahen, zwischen der Anzahl dieser Stränge und der der Bündel ein gewisser Zusammenhang besteht, ebenfalls nur geringe Unterschiede in der Anzahl der Faserbündel erwarten. Indertat variiert die Anzahl bei den dünneren Stengeln nur wenig, bei den dickeren aber ist die Anzahl infolge der Zerteilung der Bündel eine viel grössere und mehr schwankende. Die folgende Tabelle zeigt dieses Verhalten bei Stengeln verschiedener Dicke.

Tabelle 25.

Stengeldicke in mm.	Anzahl der Faserbündel.	Stengeldicke in mm.	Anzahl der Faserbündel.
0,65	18	1,50	18
0,86	16	1,65	31
0,90	16	1,80	22
0,93	19	1,95	24
1,04	17	1,98	22
1,20	12	2,00	51
1,25	22	2,15	21
1,27	19	2,40	26
1,30	22	2,50	47
1,30	21	3,70	51
1,35	27	4,80	25
1,38	17	5,90	30
1,40	23	6,00	40

Nach dem Vorhergehenden ist es deutlich, dass sowohl bei Mitteilungen über die Anzahl der Fasern wie bei solchen über die Faserbündel notwendig die Angabe der betreffenden Stelle am Stengel und der Stengeldicke hinzugefügt werden soll.

Der Einfluss des Bodens und des Standraumes auf die Anzahl der Faserbündel lässt sich viel weniger genau erörtern als der auf die Fasernzahl, weil die ursprüngliche Anzahl der Bündel meistens verwischt ist. Die Anzahl der Faserbündel in Stengeln gleicher Dicke aus verschiedenen Kulturen kann bedeutend auseinander gehen, wie die folgenden Tabellen zeigen.

Tabelle 26.

Stengeldicke in mm.	Anzahl der Faserbündel.	
	Fetter Boden im bot. Garten.	Magerer Boden im bot Garten.
0,68	27	27
0,70	21	26
0,73	27	27
0,76	24	24
0,80	24	25
0,87	26	22
0,95	23	27
0,95	23	25
0,97	33	31
1,11	29	26
1,14	33	29
1,22	30	30
	320	319

Tabelle 27.

Stengeldicke in mm.	Anzahl der Faserbündel.	
	Fetter Boden im bot. Garten.	Acker in Usquert.
0,68	27	22
0,77	25	28
0,87	27	27
1,14	33	29
1,27	30	32
1,30	38	31
1,35	31	34
1,59	41	38
1,64	33	37
1,70	36	38
2,20	37	38
	358	354

Tabelle 28.

Stengeldicke in mm	Anzahl der Faserbündel.	
	Fetter Boden im bot. Garten.	Acker in Sappemeer.
0,68	25	23
0,80	24	21
1,03	31	29
1,14	33	33
1,21	30	32
1,22	26	27
1,37	33	32
1,60	37	40
1,68	36	32
1,70	36	35
2,20	37	38
	348	342

Aus den unter diesen Tabellen angegebenen Totalsummen geht aber hervor, dass die Anzahl der Faserbündel in Stengeln gleicher Dicke aus verschiedenen Kulturen durchschnittlich keinen nennenswerten Unterschied zeigt. Im allgemeinen ist also kein direkter Einfluss des Bodens auf dieses Merkmal wahrzunehmen. Auch beim Flachs von Sappemeer, wo der direkte Einfluss des Bodens in der geringeren Anzahl der Fasern merkbar ist, konnte ich den Einfluss auf die Anzahl der Bündel nicht konstatieren.

In Übereinstimmung mit der grösseren oder geringeren medianen Stengeldicke in den verschiedenen Kulturen äussert der Einfluss des Bodens auf die Anzahl der Fasernbündel sich aber, wie bei der Fasernzahl, derart, dass die verschiedenen Kulturen auch im allgemeinen eine grössere oder geringere Anzahl von Bündeln zeigen. Der im Durchschnitt dünnere Flachs von magerem Boden besitzt, gerade weil er dünner ist, im grossen und ganzen eine etwas geringere Bündelzahl als der Flachs vom fetten Boden oder vom Acker in Usquert.

Bei den gesamten Stengeln, welche ich untersuchte, beträgt die geringste Anzahl der Faserbündel 20, die grösste 51, während die am meisten vorkommende Zahl etwa 30—35 ist. Letzteres stimmt mit der Angabe HAVENSTEINS [1]) überein, obgleich dieser Autor nicht mitteilt an welcher Stelle des Stengels er seine Beobachtungen gemacht hat.

§ 6. Die Anzahl der Fasern pro Bündel im Stengelquerschnitt.

Vergleicht man die verschiedene Anzahl der Fasern mit der der Faserbündel den Stengel entlang oder bei verschiedenen Individuen, so ergibt sich, dass die Fasernzahl relativ viel grössere Unterschiede zeigt als die Anzahl der Bündel. Es muss somit auch die Anzahl der Fasern, aus welcher die Bündel zusammengesetzt sind, variieren. Indertat zeigt die Anzahl der Fasern pro Bündel bedeutende Schwankungen. An der Basis der Stengel kommen vereinzelte Fasern vor und Bündel aus nur sehr wenigen Zellen zusammengesetzt. Diese sind aber durch Zerteilung grösserer Bündel entstanden, denn die im Vegetationskegel angelegten Fasergruppen, bestehen auch im unteren Stengelteil immer aus mehreren Zellen. Höher am Stengel nimmt die Zahl der Fasern pro Bündel zu und kann ausserdem durch Verschmelzung mehrerer Bündel eine sehr grosse werden. Hierdurch wird die Fasernzahl der im nämlichen Querschnitt vorkommenden Bündel eine sehr verschiedene. Gegen die Spitze hin nimmt die Anzahl der Fasern pro Bündel wieder ab.

In der folgenden Tabelle ist die Anzahl der Fasern pro Bündel an verschiedenen Stellen eines Stengels angegeben. In der zweiten Spalte findet man die Anzahl der Fasern, aus welchen mehrere der im Querschnitt vorkommenden Bündel zusammengesetzt sind; dieselbe vergegenwärtigt etwa die durchschnittliche Anzahl der Fasern pro Bündel an der betreffenden Stelle.

---

[1]) G. HAVENSTEIN, l. c. S. 39.

Tabelle 29.

Entfernung vom Kotyledonenansatz.	Anzahl der Fasern pro Bündel.	Minimumzahl der Fasern pro Bündel.	Maximumzahl der Fasern pro Bündel.	Totale Anzahl der Fasern im Stengelquerschnitt.
0,5 mm	9	1	23	155
0,5 cm	11	2	23	174
1 „	14	1	25	202
2 „	17	4	40	293
4 „	20	8	39	372
12 „	26	15	41	567
15 „	27	8	39	585
21 „	29	12	45	648
24 „	30	10	48	677
30 „	28	16	47	624
40 „	25	9	52	618
55 „	22	9	28	485
75 „	15	3	25	200

Man ersieht hieraus, dass die Anzahl der Fasern pro Bündel von der Basis an erst zunimmt und ein Maximum erreicht an derjenigen Stelle, an welcher die totale Anzahl der Fasern ebenfalls am grössten ist, wie die Vergleichung mit der in der fünften Spalte angegebenen, totalen Anzahl der Fasern lehrt. Dann nimmt die Anzahl pro Bündel bis zur Spitze wieder ab. Die Minimum- und Maximumzahl der Fasern pro Bündel zeigt den Stengel entlang zwar viele Unregelmässigkeiten, aber im allgemeinen auch eine Zu- und darauffolgende Abnahme.

Auch variiert die Anzahl der den Bündel bildenden Fasern bei Stengeln verschiedener Dicke sehr ansehnlich und ist in den dickeren Stengeln bedeutend höher. Durchschnittlich besteht ein Bündel der dickeren Stengel aus etwa 30 Fasern, der dünneren aus 10 bis 20 oder noch weniger. Die Anzahl der Fasern pro Bündel variiert im allgemeinen mehr als die Anzahl der Faserbündel.

Für den Einfluss des Bodens und des Standraumes auf die Anzahl der

Fasern pro Bündel ergibt sich, dass dieses Merkmal sich diesen Faktoren gegenüber wie die Anzahl der Fasern und die der Bündel verhält und ebenso eine Empfindlichkeit für Unterschiede des Bodens und Standraumes zeigt. Die Tatsache, dass bei grösserem Standraum die Bündel aus einer grösseren Anzahl von Fasern zusammengesetzt sind, wurde auch schon von Havenstein hervorgehoben.

§ 7. Der Durchmesser der Faser.

Die Dicke oder Breite der Faser, das heisst der Querdurchmesser der Faserzelle ist ein für die Praxis wichtiges Merkmal. Denn um so feiner die Fasern bei sonst gleichen Merkmalen sind, um so höher ist der Wert des Flachses. Es liegt deshalb auf der Hand, dass der Durchmesser der Faser sehr oft bestimmt worden ist, sowohl an Stengelquerschnitten wie am bereiteten Flachs, nach dem Rösten, Brechen, Schwingen und Hecheln, oder im fertigen Leinwand. In der mir bekannten Literatur finden sich die folgenden Angaben über den Faserdurchmesser.

	Minimum.	Maximum.	Häufigster oder mittlerer Wert.
Schacht [1] . .	11,2 μ	15 μ	
Vétillart [2]. .	15 „	37 „	20—25 μ
Richard [3] . .	10 „	26 „	15—17 „
Lecomte [4] . .	10 „	36 „	25 „
Cramer [5]. . .		46 „	
Saito [6] . . .	18 „	25 „	20 „
Reinders [7] . .	7,7 „	22 „	
Wiesner [8] . .	12 „	26 „	15—17 „
v. Höhnel [9]. .	12 „	26 „	15—17 „

[1] H. Schacht, Die Pflanzenzelle. 1852, S. 216.

[2] M. Vétillart, Etudes sur les fibres végétales textiles. 1876, S. 63.

[3] H. Richard, Die Gewinnung der Gespinstfasern. 1881, S. 103.

[4] H. Lecomte, Textiles végétaux. S. 15.

[5] C. Cramer, Drei gerichtliche mikroskopische Expertisen betreffend Textilfasern. Programm des schweiz. Polytechnikums, 1881, S. 22.

[6] K. Saito, Anatomische Studien über wichtige Faserpflanzen Japans mit besonderer Berücksichtigung der Bastzellen. Journ. of the Coll. of Science, Tokyo, Vol. XV, Pt. 3, 1901, S. 410.

[7] G. Reinders, Handboek voor den Nederlandschen Landbouw. Deel II, S. 326.

[8] J. Wiesner, l. c. S. 297.

[9] F. v. Höhnel, Die Mikroskopie der technisch verwendeten Faserstoffe. 1905, S. 43.

Ausser diesen vereinzelten Angaben über den Faserdurchmesser findet sich eine etwas ausführlichere Behandlung dieses Merkmals in den bereits öfters zitierten Arbeiten HAVENSTEINS und HERZOGS. Die Untersuchung HAVENSTEINS werde ich später besprechen.

1. *Der Faserdurchmesser in verschiedener Höhe des einzelnen Stengels.*

HERZOG[1]) bestimmte den Faserdurchmesser in der Wurzel und in drei verschiedenen Höhen des Stengels und fand folgendes:

in der Wurzel	mittlerer Durchmesser	52,5 μ, Maximum 74,3 μ
im unteren Stengelteil .	„ „	30,9 „
„ mittleren „ .	„ „	21,1 „
„ oberen „ .	„ „	19,6 „

Die durchschnittliche Dicke der Faser nimmt also von der Basis gegen die Spitze hin ab.

In der Praxis wusste man schon seit langer Zeit, dass die Fasern aus dem basalen Teil eines Flachsstengels gröber sind als die übrigen Fasern, aber HERZOG hat zum ersten Male diese Tatsache und das Verhalten der Faserdicke im mittleren und oberen Stengelteil durch oben angedeutete Messungen wissenschaftlich festgestellt.

Im sechsten Kapitel habe ich diese Erscheinung im Zusammenhang mit der Dicke der von den Fasern gebildeten Schicht schon besprochen und ich werde jetzt den Faserdurchmesser ausführlicher behandeln. Zur leichteren Übersicht gebe ich hier die Reihen der mittleren Faserdicken aus den Tabellen 13 und 14, S. 147 und 157 gesondert an. Diese mittleren Werte des Faserdurchmessers wurden in der früher, auf S. 146 beschriebenen Weise durch Messung von 40 augenscheinlich mitteldicken Fasern bestimmt.

[1]) A. HERZOG, l. c

Tabelle 30.

Dünner Stengel.

Stengeldicke in $^1/_4$ der Höhe 1,27 mm.

Entfernung vom Kotyledonenansatz.	Mittlerer Durchmesser der Fasern.
0,5 mm	36 μ
0,5 cm	33 „
1 „	28 „
2 „	26 „
4 „	25 „
12 „	22 „
15 „	22 „
21 „	21 „
24 „	20 „
30 „	20 „
40 „	20 „
55 „	19 „
75 „	19 „

Tabelle 31.

Dicker Stengel.

Stengeldicke in $^1/_4$ der Höhe 4,70 mm.

Entfernung vom Kotyledonenansatz.	Mittlerer Durchmesser der Fasern.
0,5 mm	99 μ
0,5 cm	89 „
1 „	82 „
2 „	72 „
4 „	62 „
10 „	53 „
25 „	47 „
30 „	46 „
35 „	47 „
57 „	45 „
71 „	37 „
81 „	30 „
114 „	17 „

Es geht aus diesen beiden Tabellen hervor, dass die Faserdicke von der Basis bis zur Spitze allmählich abnimmt. Beim dünneren Stengel beträgt der Faserdurchmesser an der Spitze nur etwa die Hälfte von demjenigen an der Basis; beim sehr dicken Stengel der weit voneinander kultivierten Pflanzen ist dieser Unterschied viel grösser und es beträgt die Dicke der Fasern des basalen Teils sogar fast das Sechsfache der Faserdicke an der Stengelspitze. Weiter zeigt sich, dass die Intensität der Abnahme den Stengel entlang nicht überall dieselbe ist. Im unteren Teil geht die Abnahme viel schneller vor sich als höher. Vier cm oberhalb der Kotyledonen beträgt die Abnahme beim ersteren Stengel schon 65°/₀, beim zweiten 45°/₀ des ganzen Betrages. Demzufolge ist der Faserdurchmesser, besonders bei dünneren Stengeln, über einen ansehnlichen Teil des Stengels ungefähr derselbe, eine für die Praxis wichtige Tatsache, weil Fasern von möglichst gleicher Dicke am besten verarbeitet werden können.

Während in obenstehenden Tabellen die Veränderungen des mittleren Wertes der Faserdicke den Stengel entlang angedeutet werden, zeigt Fig.

5 ausserdem in welcher Weise die Dicke der Faser an 4 verschiedenen Stellen des Stengels variiert.

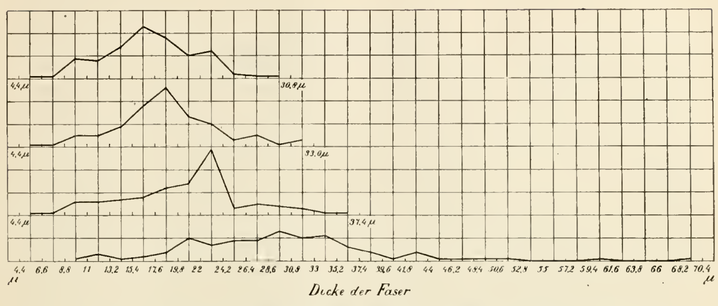


Fig. 5 Kurven der Faserdicke eines mitteldicken Stengels. Von unten nach oben fortschreitend beziehen die Kurven sich auf die Faserdicke im Querschnitt: an der Basis, in $^1/_4$, in $^1/_2$ und in $^3/_4$ der Höhe des Stengels.

Die unterste der vier Kurven bezieht sich auf den Faserdurchmesser an der Basis, die darauffolgenden drei entsprechen dem Faserdurchmesser in $^1/_4$, $^1/_2$ und $^3/_4$ der Höhe eines Stengels, der 87,5 cm lang und in halber Höhe 1,35 mm dick war. Die vier Kurven sind derart übereinander gestellt, dass ihre Ordinaten übereinstimmen, während die Werte dieser Ordinaten unterhalb der Abscisse der unteren Kurve verzeichnet sind. Die Kurven sind aus je 100 Messungen konstruiert. Dazu sind 100 nebeneinander liegende Fasern in einem einzigen Querschnitt gemessen. Weil nun die in einem Querschnitt vorhandenen Fasern nicht alle dem mittleren Teil einer Faser entsprechen, sondern es immer zwischen denselben auch einige Querschnitte der dünneren Faserspitzen gibt, so können Kurven von Fasermessungen an Querschnitten uns kein völlig getreues Bild der Variation des Faserdurchmessers geben. Sie lehren nur die Grössenverhältnisse, wie sie sich dort vorfinden, kennen. Zur vollkommen genauen Bestimmung der Variation muss die Dicke an isolierten Fasern gemessen werden. Im vorliegenden Fall ist aber die Messung der Fasern im Querschnitt genügend genau, um so mehr weil die Anzahl der in einem Querschnitt vorhandenen Faserspitzen immer eine sehr geringe ist. Ich habe aus den Beobachtungen nicht die Konstanten der Kurven, den medianen Wert und den Variabilitätskoeffizient berechnet, weil die Anzahl

der Beobachtungen, je 100, in diesem Falle zu gering war um genügend genaue Werte zu erhalten.

Die Figur zeigt erstens, dass die vier Kurven in vertikaler Richtung nicht genau übereinander stehen. Durch ihre gegenseitige Lage deuten sie an, dass mit der Stengelhöhe im allgemeinen die Faserdicke abnimmt. Weiter zeigt die lang ausgedehnte, untere Kurve, dass die Faserdicke an der Basis sehr ansehnlich schwankt, dieselbe variiert zwischen 8,8 und 70,4 μ. Aus der Vergleichung mit den anderen Kurven geht hervor, dass höher am Stengel der Variationsumfang [1]) geringer wird, die Dicke der Fasern somit gleichmässiger. Nur die beiden oberen Kurven unterscheiden sich in dieser Hinsicht fast nicht und deuten dadurch an, dass in der oberen Hälfte des Stengels die Grenzen, zwischen denen der Durchmesser der Fasern schwankt, nur sehr wenig enger werden. Die Form der Kurven ist eine sehr verschiedene, indem die untere fast symmetrisch ist, ist die darauffolgende deutlich asymmetrisch, den kürzeren Schenkel an der Maximumseite zeigend, indem die beiden oberen sich nicht in bedeutendem Grade von der symmetrischen Kurve unterscheiden. Dieses ist eine Folge davon, dass die grössten Fasern im oberen Teil des Stengels verschwinden.

2. *Die Beziehung zwischen dem Durchmesser der Faser und der Stengeldicke.*

Um die etwaige Reihenkorrelation zwischen diesen beiden Merkmalen zu untersuchen, bestimmte ich den mittleren Faserdurchmesser an übereinstimmenden Stellen bei Stengeln sehr verschiedener Dicke. Dazu wurden die nämlichen Stengel wie für das Studium der Fasernzahl verwendet und die mittleren Werte der Faserdicke wurden in der oben, auf S. 146 beschriebenen Weise an Querschnitten aus je 40 augenscheinlich mitteldicken Fasern bestimmt. Für die Stengel der dicht- und der weitstehenden Pflanzen des fetten Bodens

[1]) Dieser Ausdruck, Variationsumfang, wird von Duncker (l. c.) und auch von Klebs (Studien über Variation, Arch. f. Entwicklungsmech. der Organismen, Bd 24, H. 1, 1907) gebraucht. Sie verstehen darunter das ganze Variationsgebiet zwischen dem äussersten Minimum und dem äussersten Maximum. In diesem Sinne, die Grösse des ganzen Variationsgebietes, die Amplitude des Variierens andeutend, werde ich das Wort ebenfalls gebrauchen. Ammon (Der Abänderungsspielraum. Naturwiss. Wochenschrift, No. 12—14, 1896) nennt die Grösse des Variationsgebietes Abänderungsspielraum. De Vries (Die Mutationstheorie. Bd. I, 1901, S. 105) versteht aber unter Abänderungsspielraum oder Variationsweite denjenigen Teil des Variationsgebietes, welcher zwischen den beiden Quartielen liegt, lässt also die ausserhalb dieser Punkte liegenden Regionen des Variationsgebietes und damit das empirische Minimum und Maximum bei der Anwendung dieses Wortes ausser Betrachtung. In vielen Fällen nämlich ist die Grösse der Quartiele ein Mass für die Grösse des ganzen Variationsgebietes.

im botanischen Garten erhielt ich die folgenden, mittleren Werte des Faserdurchmessers in $^1/_4$ der Stengelhöhe. Die Stengel sind ihrer Dicke nach aufeinanderfolgend angeordnet.

Tabelle 32.

Stengeldicke in mm.	Mittlerer Faserdurchmesser in μ.	Stengeldicke in mm.	Mittlerer Faserdurchmesser in μ.
0,55	17,08	1,27	18,88
0,68	17,26	1,32	19,20
0,70	17,76	1,35	19,20
0,73	18,56	1,37	19,92
0,76	18,24	1,49	21,12
0,77	17,22	1,59	20,64
0,80	17,52	1,64	23,04
0,87	17,52	1,68	23,52
0,92	17,28	1,70	24,48
0,93	16,80	2,20	26,88
0,95	17,52	2,60	30,00
0,96	18,96	2,80	36,72
0,97	18,24	3,00	35,00
1,03	18,24	3,18	38,12
1,07	17,76	3,35	38,88
1,11	19,20	3,50	39,36
1,12	19,44	3,75	36,24
1,14	18,50	3,80	42,96
1,17	17,28	4,30	56,72
1,21	19,68	4,50	51,54
1,22	19,68		

Man ersieht aus dieser Tabelle, dass die mittlere Faserdicke bei den verschiedenen Stengeln bedeutend auseinander geht, und zwischen 17,08 und 51,54 μ variiert. Die durchschnittliche Faser in $^1/_4$ der Stengelhöhe kann also in dem einen Stengel bis ums Dreifache dicker sein als im anderen. Weiter zeigt es sich, dass zwischen der Dicke der Faser und der des Stengels eine fast vollkommene Reihenkorrelation besteht und zwar derart, dass mit zunehmendem Durchmesser des Stengels auch die Faserdicke eine Zunahme aufweist. Dennoch ist die Zunahme der Faserdicke nicht der Zunahme des Stengeldurchmessers proportional. Die Unterschiede, welche die Faserdicke

in den verschiedenen Stengeln aufweist, sind relativ viel geringer als die des Stengeldurchmessers. In Stengeln, deren Durchmesser 0,55, 1,65 und 4,4 mm ist, welche sich also wie 1, 3 und 8 verhalten, beträgt die Faserdicke etwa 17, 23 und 54 μ und zeigt somit ganz andere Verhältnisse und zwar wie 1, 1,3 und 3,2. Zudem nimmt in aufeinanderfolgend dicken Stengeln der Faserdurchmesser nicht gleichmässig zu. Der Unterschied der Faserdicke in zwei der dünneren Stengel mit 0,5 und 1,5 mm Durchmesser beträgt etwa 3,5 μ. Wäre der Grad der Zunahme des Faserdurchmessers bei allen Stengeln der nämliche und wie bei diesen dünneren 3,5 μ pro Millimeter Stengeldicke, so müsste die mittlere Faser eines Stengels von 4,5 mm Dicke 4 × 3,5 μ = 14 μ dicker sein als die eines Stengels von 0,5 mm und also ungefähr 31 μ messen. Die Beobachtungen lehren aber, dass die Faserdicke in einem solchen Stengel etwa 54 μ beträgt, also mehr als mit der Zunahme der Faserdicke in den dünneren Stengeln übereinstimmt. Es ist somit die Zunahme der Faserdicke in den dickeren Stengeln etwas grösser als in den dünneren.

Auch aus der graphischen Darstellung wird dieses Verhalten der Dicke der Stengel und der Fasern sichtbar.

In Fig. 6 deutet die untere Linie die Faserdicke bei verschiedenem Stengeldurchmesser an. Die unterhalb der Abscisse verzeichneten Stengeldicken beziehen sich ausser auf die obere Linie der Fasernzahlen auch auf die untere Linie. Die betreffenden Faserdicken sind in der vertikalen Reihe an der rechten Seite der Figur angegeben. Ungeachtet der Unregelmässigkeiten entfernt die Linie sich bei zunehmender Stengeldicke von der Abscisse und deutet dadurch die zugleich zunehmende Faserdicke an. Zudem ist es deutlich, dass im linken Teil der Linie, bis etwa eine Stengeldicke von 1,6 mm, die Abweichung von der Abscisse eine geringere ist als im übrigen Teil. Es nimmt die Faserdicke in den Stengeln, welche dünner als etwa 1,6 mm sind, in geringerem Masse zu als in den dickeren.

Diese Erscheinung bildet einigermassen einen Gegensatz zu dem, was wir bei der Anzahl der Fasern beobachteten. Dort fanden wir die stärkste Zunahme gerade bei den dünnsten Stengeln, bis in einem Stengel von etwa 2—2,5 mm eine Anzahl erreicht wurde, welche selbst im dicksten Stengel nicht nennenswert höher mehr wurde. Beim Durchmesser der Fasern dagegen, findet in den dünneren Stengeln eine weniger starke Zunahme statt und die Dicke erreicht nicht wie die Anzahl schon in relativ dünnen Stengeln ein Maximum, sondern nimmt bei den dicksten Stengeln verhältnismässig am meisten zu. In den dünneren Stengeln treten somit die Unterschiede in der Anzahl der Fasern in den Vordergrund, in den dickeren sehr stark die in der Faserdicke.

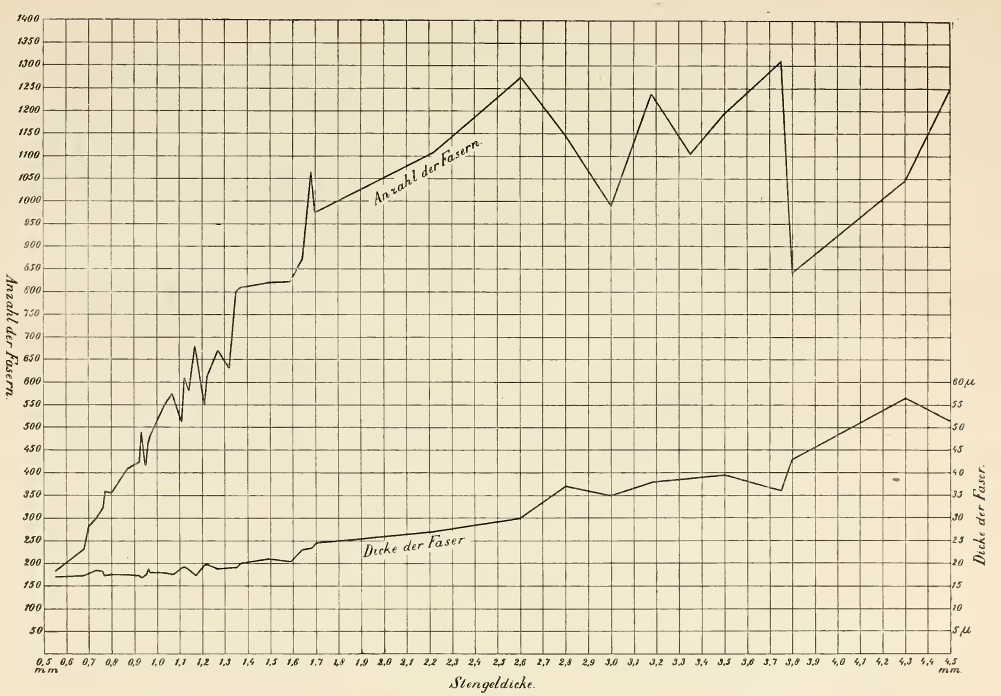


Fig. 6. Schematische Darstellung der Anzahl und der Dicke der Fasern in Stengeln verschiedener Dicke. Unterhalb der Abscisse sind die Stengeldicken verzeichnet, an der linken Seite der Figur die Anzahlen der Fasern und an der rechten Seite die Dicken derselben.

Noch in anderer Hinsicht stehen Anzahl und Dicke der Fasern einander gegenüber. Indem bei der Fasernzahl die Unterschiede der verschiedenen Stengel am stärksten bei der Vergleichung von Stengeln in $^{1}/_{4}$ ihrer Höhe hervortreten und die Anzahl an der Basis keine oder nur geringe Unterschiede aufweist, sind die Unterschiede des Faserdurchmessers gerade an der Basis der verschiedenen Stengel am grössten und werden höher am Stengel stets geringer. Zum Beweis füge ich hier einige Angaben des mittleren Faserdurchmessers, ein wenig oberhalb der Kotyledonen, bei Stengeln verschiedener Dicke hinzu.

Tabelle 33.

Stengeldicke in mm.	Mittlerer Faserdurchmesser in μ.	Stengeldicke in mm.	Mittlerer Faserdurchmesser in μ.
0,50	24,80	1,53	37,44
0,67	24,91	1,85	41,31
0,86	29,13	2,05	45,42
1,04	30,94	2,40	49,13
1,15	35,88	4,80	61,56
1,28	34,79	6,05	80,60
1,45	36,02		

Diese Reihe der Faserdicken weist viel grössere Schwankungen auf als die in der Tabelle 32 angegebene Reihe der Faserdicken in $^{1}/_{4}$ der Stengelhöhe, während die Reihe der Stengeldurchmesser in beiden Fällen ungefähr die nämliche ist. Weiter ergibt sich aus dieser Tabelle, dass an der Basis zwischen der Dicke der Faser und der des Stengels eine Reihenkorrelation besteht, ebenso wie in $^{1}/_{4}$ der Stengelhöhe. Es nimmt dort ebenfalls mit der Stengeldicke auch der mittlere Durchmesser der Faser zu. Die Reihenkorrelation der beiden Merkmale besteht somit an allen Punkten des Stengels, sowohl an der Basis wie höher und ist an der Basis durch die grösseren Unterschiede, welche die Faserdicke der verschiedenen Stengel dort aufweist, am besten wahrnehmbar. Dagegen fanden wir oben, dass der Zusammenhang zwischen der Anzahl der Fasern und der Stengeldicke gerade an der Basis fast verschwindet, weil hier die Fasernzahlen in den verschiedenen Stengeln nur sehr geringe Unterschiede zeigen.

Das oben Gesagte über den Zusammenhang zwischen der Dicke des Stengels und der der Fasern bezog sich auf die mittlere Faserdicke. Vergleicht man den Variationsumfang des Faserdurchmessers bei Stengeln verschiedener Dicke, so findet man noch ansehnlichere Unterschiede zwischen den Stengeln als bei der Vergleichung des mittleren Faserdurchmessers.

Die Kenntnis der Grösse des Variationsumfanges, so wie die des Variabilitätskoeffizienten der Faserdicke ist für die Praxis von Bedeutung, weil dieselben die grössere oder geringere Gleichmässigkeit der Fasern ausdrücken. Nun ist im vorliegenden Fall die Bestimmung des Variabilitätskoeffizienten nicht möglich, weil dieses für jeden Stengel eine grosse Anzahl von Messungen erfordert. Der Variationsumfang der Faserdicke in einem Querschnitt dagegen ist durch die Messung einiger der grössten und der kleinsten Fasern mit geringer Mühe genügend genau zu bestimmen. Ich habe dies bei Stengeln verschiedener Dicke getan und die folgenden Werte für Querschnitte an der Basis der Stengel erhalten.

Tabelle 34.

Stengeldicke.	Minimum des Faserdurchmessers.	Maximum des Faserdurchmessers.	Variationsumfang.
0,68 mm	9,6 μ	40,8 μ	31,2 μ
0,80 „	9,6 „	48,0 „	38,4 „
0,86 „	9,6 „	55,2 „	45,6 „
0,95 „	12,0 „	60,0 „	48,0 „
1,04 „	9,6 „	64,8 „	55,2 „
1,22 „	12,0 „	70,2 „	57,8 „
1,45 „	12,0 „	74,4 „	62,4 „
1,63 „	14,4 „	81,6 „	67,2 „
2,15 „	19,2 „	124,8 „	105,6 „
6,05 „	19,2 „	201,6 „	181,4 „

Diese Zahlen zeigen, dass bei zunehmender Stengeldicke sowohl das Minimum wie das Maximum höher wird. Das ganze Variationsgebiet der Faserdicke liegt demzufolge in den dickeren Stengeln immer mehr nach der Maximumseite. Die Verschiebung der Minimumgrenze ist aber verhältnismässig viel geringer als die des Maximums und dadurch ist der Variationsumfang des Faserdurchmessers in den dickeren Stengeln ansehnlicher als in den dünneren.

Mit einer grösseren Stengeldicke ist somit nicht nur, wie wir oben sahen, ein grösserer mittlerer Faserdurchmesser verbunden, sondern auch die Ungleichmässigkeit der Fasern nimmt zu und sogar in noch stärkerem Grade. Zudem geht aus obenstehender Tabelle hervor, dass der Faserdurchmesser an der Basis sehr dicker Stengel eine ausserordentliche Grösse erreichen kann. Der hier angegebene Maximumwert von 201,6 μ stimmt mit den Angaben Herzogs [1]) für die Hypokotylfasern überein. In dem von Herzog angeführten Falle steigt der Durchmesser auch nahezu auf 0,2 mm.

3. *Die Beziehung zwischen dem Durchmesser der Faser und der Stengellänge.*

Während ein enge Beziehung zwischen der Dicke der Faser und der Dicke des Stengels besteht, ist der Zusammenhang zwischen der Dicke der Faser und der Länge des Stengels nur ein sehr geringer. Es verhält die Sache sich hier so, wie beim Zusammenhang zwischen der Anzahl der Fasern einerseits und diesen Stengelmerkmalen anderseits. Wenn die in der Tabelle 32 angegebenen Stengel der Länge nach angeordnet werden, so ergibt sich, dass erstens Stengel gleicher Länge relativ grosse Unterschiede des mittleren Faserdurchmessers aufweisen und zweitens, dass Stengel, deren mittlere Faserdicke ziemlich genau übereinstimmt, sehr ungleicher Länge sein können. Dieses beweist also, dass der Zusammenhang zwischen beiden Merkmalen jedenfalls ein sehr geringer ist. Dennoch nimmt mit der Stengellänge, ungeachtet der grossen Schwankungen, im allgemeinen die Faserdicke zu; weil infolge der Korrelation zwischen der Stengellänge und der Stengeldicke die längsten Stengel auch im Durchschnitt die dicksten sind und gerade diese die dicksten Fasern haben. Ebenso wie die Korrelation zwischen der Fasernzahl und der Stengellänge ist auch diejenige zwischen dem Faserdurchmesser und der Stengellänge nur eine indirekte, aus der Korrelation

[1]) A. Herzog, l. c. S. 382.

zwischen dem Faserdurchmesser und der Stengeldicke und derjenigen zwischen der Stengeldicke und der Stengellänge hervorgehend.

4. *Der Einfluss des Bodens auf den Faserdurchmesser.*

Um den Einfluss des Bodens auf die Faserdicke kennen zu lernen, untersuchte ich Stengel gleicher Dicke aus verschiedenen Kulturen, nämlich vom fetten und vom mageren Boden im botanischen Garten und von den Äckern in Usquert und in Sappemeer. Ich bestimmte von mehreren Pflanzen jeder Kultur die mittlere Faserdicke in $^1/_4$ der Stengelhöhe. Die erhaltenen Unterschiede zwischen den verschiedenen Kulturen sind in den meisten Fällen so gering, dass sich kein direkter Einfluss des Bodens auf die Faserdicke feststellen lässt. Nur die Stengel vom Acker in Sappemeer zeigen im allgemeinen eine etwas grössere mittlere Faserdicke als die der übrigen Kulturen und dieses deutet jedenfalls auf einen sei es auch geringen Einfluss des Bodens hin.

Es liegt nun auf der Hand, dass der Einfluss auf den Faserdurchmesser, der nur in geringem Grade in $^1/_4$ der Stengelhöhe merkbar ist, stärker ausgeprägt hervortreten wird, wenn die basalen Teile der Stengel verglichen werden. Dem ist indertat so. Die folgenden Tabellen, in welchen die Stengel der verschiedenen Kulturen mit der des fetten Bodens im botanischen Garten verglichen werden, lehren, dass die Pflanzen vom fettem und vom mageren Boden daselbst und vom Acker in Usquert im allgemeinen keine Unterschiede in der Faserdicke aufweisen, dass aber der Flachs von Sappemeer unzweifelhaft etwas dickere Fasern besitzt.

Tabelle 35.

Stengeldicke in mm.	Mittlerer Durchmesser der Faser in μ.	
	Fetter Boden.	Magerer Boden.
0,50	24,80	23,32
0,67	24,91	25,73
0,86	29,13	28,98
1,04	30,94	31,85
1,15	35,88	34,46
1,28	·34,79	34,64
1,45	36,02	36,28
1,85	41,31	40,36
	257,78	255,62

Tabelle 36.

Stengeldicke in mm.	Mittlerer Durchmesser der Faser in μ.	
	Fetter Boden.	Acker in Usquert.
0,50	24,80	24,82
0,67	24,91	26,04
0,86	29,13	29,96
1,04	30,94	31,72
1,15	35,88	34,75
1,28	34,79	35,11
1,45	36,02	36,40
1,85	41,31	40,80
	257,78	259,60

Tabelle 37.

Stengeldicke in mm.	Mittlerer Durchmesser der Faser in μ.	
	Fetter Boden.	Acker in Sappemeer.
0,50	24,80	25,33
0,67	24,91	28,68
0,86	29,13	30,67
1,04	30,94	33,04
1,15	35,88	37,32
1,28	34,79	39,21
1,45	36,02	42,83
1,53	37,44	38,62
1,85	41,31	48,52
2,05	45,42	51,36
	340,64	375,58

Die einzelnen Zahlen und die Totalsummen zeigen keinen ausgeprägten Unterschied zwischen dem Faserdurchmesser des Flachses vom fetten und vom mageren Boden und vom Acker in Usquert (Tabelle 35 und 36). Die Unterschiede zwischen der Faserdicke der Flachsstengel vom fetten Boden und der vom Flachs von Sappemeer (Tabelle 37) sind dagegen unzweideutig, wie gering dieselben relativ auch sein mögen. Sie beweisen, dass die Fasern im Flachs von Sappemeer etwas gröber sind als in den anderen Kulturen. Der Flachs von Sappemeer unterscheidet sich somit zugleich durch eine geringere Anzahl und eine grössere Dicke der Fasern.

Weit mehr aber als durch den etwas grösseren mittleren Faserdurchmesser unterscheidet sich dieser Flachs dadurch, dass, besonders an der Basis, die Dicke der Fasern viel weniger gleichmässig ist als in gleich dicken Stengeln anderer Kulturen. Der Variationsumfang des Faserdurchmessers im basalen Stengelteil des Flachses von Sappemeer ist viel grösser, es finden sich dort gewöhnlich einige viel dickeren Fasern vor. Ich betone dies nachdrücklich, weil gerade diese Erscheinung der meist hervorragende Unterschied zwischen dem Flachs von Sappemeer und dem der übrigen Kulturen ist.

Die folgenden Zahlen geben ein Beispiel. Bei gleich dicken Stengeln, welche an der Basis 1,04 mm Durchmesser haben, schwankt die Faserdicke beim Flachs des fetten Bodens zwischen 9,6 und 64,8 μ, bei demjenigen von Sappemeer zwischen 9,6 und 105,6 μ, also ein sehr bedeutender Unterschied, während die mediane Faserdicke in viel geringerem Grade auseinander geht und beim ersteren Stengel 30,94 μ, beim zweiten 33,04 μ beträgt. Es geht hieraus hervor, dass der Boden einen sehr grossen Einfluss auf die Gleichmässigkeit der Faserdicke ausüben kann.

Obgleich, wie wir oben sahen, Stengel gleicher Dicke der Kulturen des fetten und des mageren Bodens und des Ackers in Usquert keinen merkbaren Unterschied im Faserdurchmesser aufweisen, zeigt dennoch der Flachs des mageren Bodens, wenn wir die ganze Kultur betrachten, im allgemeinen eine geringere Faserdicke und der Flachs von Usquert eine grössere als der vom fetten Boden im botanischen Garten, weil der Flachs vom mageren Boden im grossen und ganzen dünnere, der von Usquert dickere Stengel hat und die dünnsten Stengel auch im allgemeinen die dünnsten, die dicksten Stengel die gröbsten Fasern besitzen.

Um den Einfluss des Bodens und des Standraumes auf den medianen Faserdurchmesser der ganzen Kultur festzustellen, habe ich Pflanzen mit medianer Stengeldicke der vier Kulturen im botanischen Garten miteinander verglichen. Wie ich bereits früher hervorhob, werden, infolge der engen Beziehung zwischen der Stengeldicke und der Faserdicke, diejenigen Stengel, welche die mediane Dicke besitzen, auch die medianen Verhältnisse des Faserdurchmessers aufweisen. Im vorliegenden Falle, wo es unmöglich ist bei je 300 Stengeln jeder Kultur alle Fasern im Querschnitt zu messen, kann jedenfalls die Vergleichung der Dicke der Fasern in den medianen Stengeln der verschiedenen Kulturen uns lehren, in welcher Weise die in diesen Stengeln vorkommenden Fasern vom Boden beeinflusst werden. Und die bei der Vergleichung der medianen Stengel erhaltenen Resultate werden im grossen und ganzen auch für die Kulturen in ihrem ganzen Umfang gelten.

Die Fasern sind auf dem Querschnitt an der Basis jedes Stengels gemessen, erstens weil hier die Unterschiede der verschiedenen Stengel am meisten hervortreten und zweitens weil die Anzahl der Fasern an dieser Stelle eine nicht sehr grosse ist. Der Durchmesser in der Nähe des Kotyledonenansatzes beträgt bei den medianen Stengeln der dichtgesäten Kulturen auf fettem und auf magerem Boden 1,04 und 0,86 mm, bei den beiden weitstehenden Kulturen 6,05 und 3,74 mm, während die Anzahl der im Querschnitt vorkommenden Fasern beziehungsweise 173, 172, 174 und 170

ist. Aus den Messungen aller Fasern jedes Stengelquerschnittes ist eine Kurve konstruiert. Die für die vier Kulturen erhaltenen Kurven sind in Fig. 7 dargestellt.

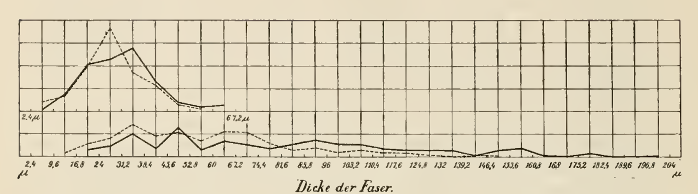


Fig. 7. Kurven der Faserdicke an der Basis von Stengeln vier verschiedener Kulturen.

In dieser Figur sind, wie in solchen Fällen auch früher geschah, die Kurven der dichtgesäten Kulturen oberhalb derjenigen der weitstehenden gestellt und in beiden Kurvenpaaren ist die, welche sich auf die Faserdicke des Flachses vom mageren Boden bezieht mit punktierter Linie gezeichnet. Für alle Kurven sind die Frequenzzahlen berechnet, die Kurven sind somit direkt vergleichbar.

Diese Kurven lehren, dass in den median dicken Stengeln der verschiedenen Kulturen der Faserdurchmesser ganz verschiedene Verhältnisse aufweist; die Form der Kurven und der Variationsumfang sind sehr verschieden. Die gegenseitige Stellung der mit ununterbrochener und mit punktierter Linie gezeichneten Kurven in jedem Kurvenpaare deutet an, dass die Faserdicke auf fettem Boden sowohl bei dicht- wie bei weitstehenden Pflanzen im allgemeinen eine grössere ist als auf magerem Boden. Der Grad des Einflusses des Bodens ergibt sich aus den folgenden Konstanten der Kurven.

Tabelle 38.

	Medianer Faserdurchmesser.	$\frac{Q}{M}$	Minimum.	Maximum.
fetter Boden, dichtstehend. . . .	30,94 μ	0,234	9,6 μ	64,8 μ
magerer Boden, dichtstehend . .	28,94 „	0,199	9,6 „	55,2 „
fetter Boden, weitstehend	80,60 „	0,380	19,2 „	201,6 „
magerer Boden, weitstehend . .	54,00 „	0,327	16,8 „	148,8 „

Hieraus geht hervor, dass die medianen Werte der Faserdicke bei den beiden dichtgesäten Kulturen nur unbedeutend auseinander gehen. Es ist denn auch der aus beiden berechnete Empfindlichkeitskoëffizient sehr gering; derselbe beträgt nur + 0,064. Viel grösseren Unterschied zeigen die medianen Werte der beiden weitstehenden Kulturen und der Empfindlichkeitskoeffizient für diese ist + 0,33. Die Faserdicke erweist sich also für Unterschiede des Bodens bei dichtgesäter Kultur nur äusserst wenig empfindlich, viel weniger als für die nämlichen Bodenunterschiede bei weitstehender Kultur. Gerade das Umgekehrte fanden wir bei der Anzahl der Fasern. Dieses Merkmal zeigte sich Bodenunterschieden gegenüber bei sehr grossem Standraum überhaupt nicht empfindlich.

Auch wenn wir den durchschnittlichen Faserdurchmesser des medianen Stengels des Flachses von Sappemeer, 33,04 μ, mit dem des medianen Flachses vom fetten Boden 30,94 μ, vergleichen, ergibt sich, obgleich die Stengel von Sappemeer etwas dickere Fasern besitzen als gleich dicke Stengel der letzteren Kultur, dennoch eine relativ geringe Empfindlichkeit des Faserdurchmessers für diese Bodenunterschiede.

5. *Der Einfluss des Standraumes auf den Faserdurchmesser.*

Es ist eine in der Praxis längst bekannte Tatsache, dass bei undichter Saat mit der grösseren Stengeldicke eine gröbere Faser gepaart ist. Das hat schon Havenstein [1]) durch Messungen bewiesen. Er fand in seinen oben genannten Kulturen die durchschnittliche Faserdicke aus 50 Messungen — je 10 an 5 mitteldicken Stengeln — mit der am dichtesten gesäten Kultur anfangend, beziehungsweise $28^1/_3$, 32 und $35^1/_3$ μ. Auf welche Höhe des Stengels diese Angaben sich beziehen, wird von Havenstein nicht mitgeteilt. Dieselben zeigen aber, wie gering die Anzahl der Messungen auch sein mag, dass die Unterschiede des Faserdurchmessers sehr wohl wahrnehmbar sind.

Die Vergleichung meiner eigenen Kulturen mit geringem und mit sehr grossem Standraum bestätigt das Resultat Havensteins. Aus der Tabelle 38 geht hervor einen wie bedeutenden Einfluss der Standraum auf die mediane Faserdicke ausübt. Aus den dort angegebenen Konstanten ergibt sich als Empfindlichkeitskoeffizient für den Standraum bei fettem Boden + 0,61, bei magerem Boden + 0,48. Beide Werte sind viel grösser als die der Empfindlichkeit für den Boden. Bei der Faserdicke übertrifft somit der Einfluss

---

[1]) G. Havenstein, l. c. S. 40.

des Standraumes den des Bodens bedeutend, wie dies auch bei der Anzahl der Fasern der Fall ist. Dennoch besteht zwischen dem Verhalten beider Merkmale Unterschieden des Standraumes gegenüber ein Gegensatz. Bei der Anzahl der Fasern zeigt sich die grösste Empfindlichkeit für Unterschiede im Standraum dann, wenn der den Pflanzen gebotenen Raum noch nicht sehr gross ist; Vermehrung des Standraumes, wenn dieser schon gross ist, übt keinen Einfluss auf die Anzahl mehr aus. Die Faserdicke dagegen zeigt gerade unter letzterer Bedingung die grösste Empfindlichkeit und ist etwas weniger empfindlich für Unterschiede des Standraumes wenn der den Pflanzen gebotene Raum nur gering ist, denn die Pflanzen der gewöhnlichen, dichtgesäten Kultur und die Randpflanzen, welchen etwas grösserer Standraum zur Verfügung stand, zeigen relativ um ein wenig geringere Unterschiede in der Faserdicke als die mit sehr grossem Raum kultivierten Pflanzen.

Sehr ansehnlich ist auch der Einfluss des Standraumes auf die Grösse der Variabilität. Grösserer Standraum vermehrt die Variabilität in starkem Grade; auch fetterer Boden übt einen dergleichen Einfluss auf die Variabilität aus, aber der Einfluss des Standraumes übertrifft auch in dieser Hinsicht den des Bodens weit.

Am meisten fällt der sehr grosse Variationsumfang bei der weitstehenden Kultur auf. Bei grösserem Standraum werden die Fasern im Stengel sehr ungleichmässig, es treten dann hie und da im Querschnitt ausserordentlich grosse Fasern auf, während immer auch noch sehr kleine vorkommen. Bei grossem Standraum wird also nicht nur der mediane Faserdurchmesser ein grosser, sondern in noch stärkerem Grade tritt dann die Ungleichmässigkeit der Fasern in den Vordergrund.

§ 8. Die Länge der Faser.

Die Flachsfaser ist nach den Angaben mehrerer Autoren eine der längsten, wo nicht die allerlängste der verschiedenen Pflanzenfasern. Die ausserordentliche Länge dieser Zelle ist schon seit langer Zeit bekannt und es finden sich in der Literatur mehrere diesbezüglichen Angaben. Wie von Mohl [1]) mitteilt, beträgt nach Link [2]) die Länge über ein Fuss, was aber von von Mohl bezweifelt wird, weil nach seinen Messungen die Länge der Fasern

[1]) H. von Mohl, Einige Andeutungen über den Bau des Bastes. Bot. Zeit. 1855, S. 876.

[2]) Die ursprüngliche Arbeit Links: Grundlehre d. Kräuterkunde, I, stand mir leider nicht zur Verfügung.

12,‴ das ist etwa 25 mm ist. Weiter fand ich die folgenden Längen für die Faser angegeben. Alle Angaben beziehen sich auf die isolierten Zellen, denn es ist eine vollkommen unmögliche Sache so lange Zellen an Längsschnitten zu messen, zumal weil die benachbarten Zellen unregelmässig zwischeneinander geschoben sind.

	Minimum.	Maximum.	Häufigster oder mittlerer Wert.
Link			ein Fuss
von Mohl . . .			25 mm
Boehm [1]	6 mm	95 mm	50 „
Vétillart [2]. .	4 „	66 „	25—30 „
Havenstein [3].	5 „	43 „	
Richard [4]. . .	20 „	länger als 40 mm	
Lecomte [5]. . .	4 „	60 „	20 „
Saito [6].	14 „	85 „	
Reinders [7] . .	80 „	100 „	
Wiesner [8]. . .	20 „	länger als 40 mm	
v. Höhnel [9]. .	4 „	66 „	25—30 „

1. *Die Länge der Faser in verschiedener Höhe des einzelnen Stengels.*

Herzog [10] hat die Faser ausführlicher untersucht und die Länge derselben in der Wurzel und an verschiedenen Stellen des Stengels bestimmt. Seine Messungen ergaben folgendes:

mittlere Faserlänge	in der Wurzel		53	mm
„ „	im unteren	Stengelteil	53	„
„ „	„ mittleren	„	46	„
„ „	„ oberen	„	43	„

Er fand also, dass die Fasern im Durchschnitt in der Wurzel und im

[1] J. Boehm, l. c. S. 40.
[2] M. Vétillart, l. c. S. 63.
[3] G. Havenstein, l. c. 25.
[4] H. Richard, l. c. S. 103.
[5] H. Lecomte, l. c. S. 15.
[6] K. Saito, l. c. 410.
[7] G. Reinders, l. c. S. 326.
[8] J. Wiesner, l. c. S. 296.
[9] F. v. Höhnel, l. c. S. 43.
[10] A. Herzog, l. c.

basalen Teil des Stengels am längsten sind und gegen die Spitze hin kürzer werden. Dieses Resultat stimmt nicht mit den Angaben BOEHMS überein. BOEHM betont, dass die Fasern an der Basis des Stengels kürzer sind als im übrigen Teil und gibt als Faserlänge an der Basis 1 mm, höher am Stengel 6—95 mm an.

Ich habe diesen Punkt etwas näher untersucht und bei mehreren Stengeln an verschiedenen Stellen die Länge der Fasern gemessen. Zur Isolierung der Fasern habe ich viele Methoden versucht und mit mehreren Reagentien mazeriert. Beim Kochen der von Rinde und Holz befreiten Fasern in irgend einer Lösung verwirren die Fasern sich miteinander und zerfallen meistens in kleine Stückchen. Am besten gelingt die Mazeration mit Chromsäure. Nach Einwirkung starker Chromsäure während einiger Minuten oder schwächerer Chromsäure während längerer Zeit lassen die Fasern sich leicht trennen. Ein grosses Übel ist es aber dabei, dass die Chromsäure, wenn sie so lange eingewirkt hat, dass die Fasern leicht isolierbar sind, zugleich dieselben angreift und demzufolge zerfallen bei der Isolierung immer viele in Stücke. Ich habe deshalb schliesslich auf alle chemischen Mittel verzichtet und die Fasern nur mittels Wasser, also durch eine Art von Röstprozess, isoliert. Das folgende Verfahren gefiel mir am besten. Die Stengel wurden während einiger Tage in Wasser gelegt. Darauf liess sich die Faserschicht samt Rinde und Epidermis leicht vom inneren Teil des Stengels trennen. Gewöhnlich spaltete der von ersteren Geweben gebildete Zylindermantel und ein langes, zusammenhängendes Band wurde erhalten. Dieses Band wurde nun mit der Epidermis nach oben auf eine lange Glasplatte gelegt. Unter Befeuchtigung mit Wasser wurde mittels eines Skalpels oder unscharfen Messers die Rinde und Epidermis von der darunter liegenden Faserschicht entfernt. Wenn die Stengel lange genug in Wasser verweilt hatten, gelang dieses ohne Mühe. Das übrig gebliebene Faserband wurde darauf, von der Basis ausgehend, in Teile von etwa 20 cm geschnitten und diese Stücke zur weiteren Untersuchung, eins nach dem anderen auf eine kürzere Glasplatte übertragen und fortwährend feucht gehalten. Am liebsten liess ich die Fasern so einen Tag oder mehrere in Wasser liegen. Darauf konnten sie leicht mit Nadeln oder durch Pressen mit den Fingern voneinander getrennt werden. Beim Präparieren der Fasern wurde die Glasplatte auf eine matt schwarze Unterlage gelegt. Die Länge der isolierten Fasern wurde unter dem Mikroskop bei schwacher Vergrösserung gemessen, oder, wenn die Zellen sehr lang waren, mit einem Millimetermass. Immer überzeugte ich mich aber zuvor, dass das zu messende Objekt indertat nur eine einzige, aber vollständige Faser war,

und dazu war genaue Beobachtung, sogar bei starker Vergrösserung notwendig.

Auch bei der sorgfältigsten Behandlung zerfallen dennoch immer mehrere Fasern, besonders die dünneren der dünneren Stengel und der obersten Stengelteile in Stücke. Aber es geschieht dies bei diesem Verfahren viel seltener als bei Anwendung irgend eines Reagens. Es liegt auf der Hand, dass vorzugsweise die längsten Fasern zerbrechen und demzufolge werden die Messungen der Faserlänge eines Stengels oder in einer bestimmten Höhe eines Stengels nicht ein vollkommen getreues Bild der Länge der dort vorhandenen Fasern geben. Aus diesem Grunde eignet sich die Länge der Faser sehr schlecht zu statistischen Untersuchungen, denn es ist sogar mit der grössten Mühe und vielem Zeitaufwand fast unmöglich mehrere Hunderte von Fasern an einer einzigen Stelle des Stengels ohne Ausnahme zu messen. Deshalb habe ich darauf verzichtet aus den Beobachtungen Kurven zu konstruieren oder Konstanten zu berechnen. Dennoch sind die in der beschriebenen Weise ausgeführten Messungen genau genug um im allgemeinen eine Einsicht in das Verhalten der Faserlänge in verschiedener Höhe des Stengels und bei verschiedenen Stengeln zu geben.

Zur Entscheidung der Frage, in welchem Grade die Faserlänge in den verschiedenen Stengelhöhen variiert, untersuchte ich mehrere Stengel verschiedener Länge und Dicke und von verschiedenen Kulturen. Von jedem Stengel wurden mehrere Fasern in der Nähe des Kotyledonenansatzes gemessen, ebenfalls 1 bis 1,5 dm oberhalb dieser Stelle, also im unteren Stengelteil, ferner in etwa halber Höhe des Stengels und im oberen Stengelteil zwischen $^3/_4$ der Höhe und der Spitze. Im ganzen wurden mehr als 800 Fasern gemessen. Diese Messungen ergaben die folgenden Werte der Faserlänge an den verschiedenen Stellen.

Tabelle 39.

	Mittlere Länge der Faser.	Minimum.	Maximum.
an der Basis	13,3 mm	2,5 mm	42 mm
im unteren Stengelteil	27,3 „	3 „	85 „
„ mittleren „	32,6 „	4 „	95 „
„ oberen „	38,5 „	4 „	120 „

Wir sehen hieraus, dass die mittlere Faserlänge an der Basis des Stengels viel geringer ist als mehr nach oben zu. Dieses Resultat bestätigt also die Angaben BOEHMS, steht aber dem Ergebnisse der weit ausführlicheren, späteren Untersuchungen HERZOGS gegenüber. Weshalb meine Messungen zu anderen Resultaten führten als diejenigen HERZOGS, ist mir unbekannt. HERZOG findet die Faserlänge in der Wurzel die nämliche wie im unteren Stengelteil und an beiden Stellen grösser als im übrigen Teil der Pflanze. Ich habe darum auch die Fasern der Wurzel und des hypokotylen Gliedes untersucht. Dazu wurden die Pflanzen vorsichtig ausgegraben, weil beim Raufen nur ein kleines Stückchen der Hauptwurzel erhalten bleibt. Die Wurzeln samt unteren Stengelteilen wurden in Wasser geröstet und darauf die Fasern an verschieden Stellen gemessen. Diese Messungen ergaben, dass die Länge der Fasern im Hypokotyl und in der Wurzel eine viel geringere ist als im mittleren und oberen Stengelteil, im Gegensatz zu den genannten Angaben HERZOGS. Ich muss hier aber hinzufügen, dass HERZOG in seiner späteren Arbeit über die Hypokotylfasern [1]) einige Messungen der Länge dieser Fasern anführt. Die angegebenen Werte schwanken zwischen 1,7 und 7,0 mm, dieselben sind also viel kleiner als die früher von ihm für die Wurzel und für den unteren Stengelteil angegebenen und er selber sagt auch, dass die Länge der Hypokotylfasern hinter der der übrigen Fasern des Leinstengels weit zurücksteht. Diese Beobachtungen schliessen sich also den meinigen an.

Weiter zeigt sich, dass die von mir an den verschiedenen Stellen des Stengels gefundenen mittleren Faserlängen viel geringer sind als die von HERZOG angegebenen, welche ich bereits oben, S. 213, mitteilte. Besonders an der Basis ist dieser Unterschied sehr gross, denn nach HERZOG beträgt die durchschnittliche Länge dort 5,3 cm, nach meinen Messungen 1,3 cm. Ich konstatiere nur diesen ausserordentlichen Unterschied, ohne den Grund dafür angeben zu können. Dennoch möchte ich hier hinzufügen, dass schon bei oberflächlicher Untersuchung die grosse Anzahl der kurzen, aber dicken Fasern im basalen Stengelteil auffällt, indem die längeren Fasern dort verhältnismässig nur wenig vorkommen.

Aus obenstehender Tabelle ergibt sich, dass die Faserlänge schon in geringer Höhe oberhalb der Kotyledonen eine viel grössere ist als an der Basis des Stengels. Schon in einer Entfernung von $^1/_2$ dm vom Kotyledonenansatz sind die Fasern merkbar länger und wie aus der Tabelle hervorgeht, beträgt bei den untersuchten Stengeln die Faserlänge im unteren Stengelteil

---

[1]) A. HERZOG, l. c. S. 406.

im Durchschnitt schon etwa das Doppelte von derjenigen an der Basis. Von dieser Stelle an bis zur Spitze nimmt die Länge in viel geringerem Grade zu. Dennoch ist die grössere Länge der Fasern im oberen Stengelteil sehr gut wahrnehmbar.

Wir sehen also, dass die Länge der Fasern im Stengel sich gerade umgekehrt verhält wie die Dicke, welche an der Basis am grössten an der Spitze am geringsten ist. Beide Merkmale aber zeigen im basalen Teil die schnellste Veränderung, dort findet verhältnismässig die grösste Zunahme der Faserlänge und die grösste Abnahme der Dicke statt.

Ich bin weit davon entfernt die angegebenen, mittleren Werte für die im allgemeinen im Flachsstengel vorkommenden mittleren Längen der Fasern zu halten. Ich führe dieselben nur an als die mittleren Werte meiner Beobachtungen, welche, wie ich sagte, unmöglich alle Fasern im Stengel umfassen können, weil die längeren Fasern bei der Untersuchung oft zerbrechen. Die Vergleichung dieser Werte kann aber das Verhältnis der Faserlänge im einzelnen und in verschiedenen Stengeln lehren.

Die angegebenen, mittleren Werte der Faserlänge sind nicht die am häufigsten vorkommenden Längen, weil es relativ viel, verhältnismässig sehr lange Fasern gibt. Es zeigen z. B. die Fasern an der Basis der Stengel die folgenden Verhältnisse:

Tabelle 40.

Länge der Faser in mm	0—5	5—10	10—15	15—20	20—25	25—30	30—35	35—40	40—45
Anzahl der Fasern	28	59	32	25	14	11	7	1	2

An der Basis kommen somit am häufigsten die Fasern mit einer Länge von 5—10 mm vor, während die mittlere Faserlänge an dieser Stelle 13,3 mm beträgt. Ebenso ergibt sich für die Fasern des oberen Stengelteils folgendes:

Tabelle 41.

Länge der Faser in mm	0—10	10—20	20—30	30—40	40—50	50—60	60—70	70—80	80—90	90—100	100—110	110—120
Anzahl der Fasern	8	27	31	19	22	18	8	3	2	1	1	2

Hieraus geht hervor, dass, obgleich die mittlere Länge 38,5 mm beträgt, Fasern, welche 20—30 mm messen, am häufigsten vorkommen.

Die Angaben der Maximum- und Minimumwerte in der Tabelle 39, und die oben stehenden Reihen zeigen, dass die Faserlänge an derselben Stelle des Stengels stark variiert. Es ist denn auch eine beim Isolieren der Fasern auffallende Erscheinung, dass die Länge benachbarter Fasern eine so sehr verschiedene ist. Am stärksten schwankt die Länge im oberen Stengelteil, wo sich neben den ausserordentlich langen Fasern auch sehr kurze vorfinden. Die längste von mir beobachtete Faser mass 120 mm, also nicht unbedeutend mehr als die in der Literatur angegebenen Maximumwerte, die Angabe Links ausgenommen. Die Ursache wird wohl die sein, dass die Anzahl der von mir gemessenen Fasern eine viel grössere ist, denn die sehr langen Fasern sind verhältnismässig selten.

2. *Die Beziehung zwischen der Länge der Faser und der Länge und der Dicke des Stengels.*

Um zu untersuchen, ob es einen wahrnehmbaren Zusammenhang zwischen diesen Merkmalen gibt, wählte ich erstens einige Stengel verschiedener Länge, aber gleicher Dicke aus, und zweitens einige gleich langen Stengel mit verschiedenem Durchmesser. Ich mass die Fasern derselben an übereinstimmenden Stellen, nachdem ich sie in der oben beschriebenen Weise isoliert hatte. Diese Messungen ergaben für die mittlere Faserlänge, an verschiedenen Stellen der kurzen und langen Stengel die folgenden Werte, deren jeder aus etwa 100 Beobachtungen berechnet wurde.

Tabelle 42.

	Im unteren Stengelteil.	Im mittleren Stengelteil.	Im oberen Stengelteil.
kurze Stengel .	25,4 mm	28,2 mm	30,6 mm
lange Stengel .	29,4 „	35,3 „	46,5 „

Diese Angaben zeigen, dass die längeren Stengel im Durchschnitt längere Fasern besitzen als die kürzeren Stengel der nämlichen Dicke, indem der Unterschied, besonders in den oberen Stengelteilen, sehr gross ist. Es

besteht somit zwischen der Länge der Faser und der Länge des Stengels ein gewisser Zusammenhang.

Aus der Tatsache, dass die längsten Stengel die längsten Fasern besitzen und zugleich im allgemeinen die längsten Stengel die dicksten sind, folgt ohne weiteres, dass ebenfalls die dicksten Stengel im grossen und ganzen die längsten Fasern aufweisen. In diesem Sinne gibt es also ein Zusammenhang zwischen der Faserlänge und der Stengeldicke. Eine andere Frage aber ist es, ob auch unabhängig von der Länge des Stengels eine Beziehung zwischen diesen beiden Merkmalen besteht. Um dies zu untersuchen wurde die durchschnittliche Faserlänge einiger Stengel gleicher Länge aber verschiedener Dicke bestimmt. Es wurden die folgenden mittleren Längen der Fasern der mittleren und oberen Teile der dünnen und dicken Stengel erhalten.

Tabelle 43.

	Im mittleren Stengelteil.	Im oberen Stengelteil.
dünne Stengel .	30,4 mm	34,9 mm
dicke Stengel .	33,8 „	42,9 „

Besonders aus den mittleren Werten der Faserlänge im oberen Stengelteil geht hervor, dass die dickeren Stengel im Durchschnitt längere Fasern besitzen als gleich lange aber dünnere Stengel. Es ergibt sich somit, dass zwischen der Länge der Faser und der Dicke des Stengels, auch völlig unabhängig von der Stengellänge, ein gewisser Zusammenhang besteht, ebenso wie umgekehrt unabhängig von der Stengeldicke die Faserlänge und die Länge des Stengels eine Beziehung zueinander aufweisen. Die Faserlänge steht also in unmittelbarem Zusammenhang mit diesen beiden Stengelmerkmalen.

3. *Der Einfluss des Bodens und des Standraumes auf die Faserlänge.*

Die Vergleichung von Stengeln gleicher Länge und Dicke aus verschiedenen Kulturen lehrt, dass kein direkter Einfluss des Bodens und des Standraumes auf die Faserlänge wahrzunehmen ist. Sogar der Flachs von Sappemeer, welcher sich, was Anzahl und Durchmesser der Fasern betrifft, von den übrigen

Kulturen unterscheidet, zeigt keine merkbaren Unterschiede mit diesen in der Faserlänge.

Wohl aber zeigt sich der Einfluss der beiden Faktoren auf die durchschnittliche Faserlänge der ganzen Kultur. In Übereinstimmung mit der grösseren mittleren Stengellänge, welche die Kulturen des fetten Bodens im botanischen Garten und des Ackers in Usquert der Kultur des mageren Bodens gegenüber zeigen, ist auch die Faser in den beiden ersteren im Durchschnitt länger als in der letzteren. Der Flachs von Sappemeer ist einerseits kürzer als der Flachs vom fetten Boden und müsste in Übereinstimmung damit durchschnittlich kürzere Fasern aufweisen, anderseits aber ist jener Flachs dicker und mit einer grösseren Dicke sind längere Fasern gepaart. Nun ist aber der Unterschied in der Stengellänge der beiden Kulturen relativ viel grösser als derjenige in der Stengeldicke und hieraus folgt, dass der Flachs von Sappemeer im Durchschnitt kürzere Fasern besitzt als der des fetten Bodens. Es wird somit auf für den Flachs geeignetem Boden zugleich mit einem im Durchschnitt längeren Stengel auch eine durchschnittlich längere Faser gebildet als auf ungeeignetem Boden, wie in Sappemeer. In diesem Sinne übt also der Boden, ebenso wie auf die anderen Merkmale der Faser, auch auf die Länge derselben einen Einfluss aus. Das nämliche gilt für den Einfluss des Standraumes. Bei grösserem Standraum nimmt mit der Stengellänge und Stengeldicke auch die Faserlänge zu. Die mittlere Länge der Faser in einer Kultur ist also von dem den Pflanzen gebotenen Raum abhängig. Zwischen der Faserlänge in den sehr dicken und langen, weit voneinander entfernt kultivierten Pflanzen und in den viel dünneren Randpflanzen der gewöhnlichen, dicht gesäten Kultur konnte ich aber keinen Unterschied finden. Ebenso wie bei der Anzahl der Fasern wird also auch bei der Länge derselben ein Maximum schon erreicht in Pflanzen, welche noch erheblich kürzer und dünner sind als die am kräftigsten ausgebildeten.

§ 9. **Die Beziehung zwischen der Länge und dem Durchmesser der Faser.**

Im Vorigen habe ich ausführlich die Dicke und die Länge der Fasern behandelt und es bleibt jetzt noch zu erörtern übrig in welcher Weise diese beiden Merkmale sich zueinander verhalten.

Aus der Tatsache, dass an der Basis des Stengels die Fasern am kürzesten und am dicksten sind, indem an der Spitze gerade umgekehrt die

längsten aber dünnsten Fasern vorkommen, geht ohne weiteres hervor, dass in einem Stengel im allgemeinen die längsten Fasern die dünnsten, die kürzesten die dicksten sind. Beide Merkmale stehen also einander in dieser Hinsicht gegenüber. Dagegen besitzen die längsten Stengel, welche auch im allgemeinen die dicksten sind, die längsten und zugleich die dicksten Fasern, die kleinsten Stengel die kürzesten und dünnsten. In den verschiedenen Stengeln einer Kultur zusammen betrachtet, geht somit im allgemeinen eine geringere Länge der Faser mit einem geringeren Durchmesser derselben und eine grössere Länge mit einer grösseren Dicke Hand in Hand. Es findet sich also in der ganzen Kultur gerade die umgekehrte Beziehung der beiden Merkmale als im einzelnen Stengel. Wiederum anders zeigt sich das Verhältnis der Länge und Dicke der Faser wenn man die verschiedenen, im Stengel nebeneinander liegenden Fasern betrachtet Wie ich oben sagte, variiert die Faserlänge in der nämlichen Stengelhöhe sehr bedeutend und auch der Durchmesser schwankt, wie ich früher zeigte, selbst im oberen Stengelteil nicht unerheblich. Es ergibt sich nun, dass die nebeneinander liegenden Fasern sehr unregelmässige Beziehungen ihrer Länge und Dicke aufweisen. Ich habe die zusammengehörende Länge und Dicke mehrerer benachbarten Fasern, je 10 bis 15, bei verschiedenen Stengeln und in verschiedener Höhe derselben gemessen, zusammen in 16 Fällen. In 11 dieser Reihen von Faserlängen und -dicken ist durchaus kein Zusammenhang zwischen den beiden Merkmalen wahrzunehmen; eine derselben ist als Beispiel in der Tabelle 44 angegeben. In einem einzigen Fall sind im allgemeinen die kürzesten Fasern die dicksten, die längsten die dünnsten (Tabelle 45); während in den übrigen 4 Fällen im allgemeinen die kürzesten Fasern die geringste, die längsten die grösste Dicke besitzen. In der Tabelle 46 findet sich eine dieser letzten Beobachtungsreihen. In allen drei Tabellen sind die Fasern ihrer Länge nach angeordnet.

Tabelle 44.

Länge der Faser in mm.	Durchmesser der Faser in μ.
16	19,2
18	26,9
22	14,4
23	28,8
25	17,8
32	24,0
35	20,2
46	19,2
51	22,6
56	18,2
60	26,9
74	19,7

Tabelle 45.

Länge der Faser in mm.	Durchmesser der Faser in μ.
4	33,6
8	26,9
18	24,5
22	23,0
32	24,0
38	20,2
46	19,2
50	16,3
53	18,2
62	13,4

Tabelle 46.

Länge der Faser in mm.	Durchmesser der Faser in μ.
15	11,0
16	12,5
17	13,9
25	15,8
27	13,9
43	18,2
49	22,6
50	25,9
53	22,6
70	19,2
120	20,6

Aus allen oben genannten Beobachtungen geht hervor, dass zwischen der Länge und der Dicke der Faser nur ein äusserst geringer Zusammenhang besteht.

Das Verhältnis beider Merkmale, für welches von VÉTILLART[1]) im Durchschnitt 1200 angegeben wird, zeigt sehr ansehnliche Schwankungen und ist ein verschiedenes, je nachdem die Fasern eines einzigen Stengels in derselben oder in verschiedener Höhe miteinander verglichen werden, oder die Fasern verschiedener Stengel einer Kultur.

§ 10. Der Fasergehalt des Stengels.

Nachdem ich im Vorhergehenden die Anzahl der Fasern und die Länge und Dicke derselben behandelt habe, werde ich jetzt noch einiges über den Fasergehalt mitteilen. Die Kenntnis der prozentischen Gewichtsmenge der Fasern im Stengel ist für die Praxis wichtig, denn je grösser dieser Prozentgehalt, um so lohnender ist, bei sonst gleichen Eigenschaften der Fasern, die Verarbeitung des Stengels. Der Faserprozentgehalt der Leinstengel kann

[1]) M. VÉTILLART, l. c.

leicht bestimmt werden. Dazu werden die Stengel lufttrocken gewogen, nachher geröstet, dann werden die Fasern vom Holzkörper und von der Epidermis und Rinde getrennt und wieder lufttrocken gewogen.

Bei der Beschreibung der Anatomie des Stengels in den beiden vorigen Kapiteln haben wir gesehen, dass die Fasern nur einen verhältnismässig kleinen Teil des Stengels bilden. Auch ist nicht in allen Teilen desselben der relative Fasergehalt der nämliche. Dieses geht schon ohne weiteres hervor aus dem oben beschriebenen Verhalten der Anzahl der Fasern und ihrer Dicke den Stengel entlang, im Zusammenhang mit der verschiedenen Ausbildung der übrigen Gewebe zwischen Basis und Spitze. Wir wollen nun von diesen Geweben nur das sekundäre Xylem betrachten, weil dieses bei weitem den grössten Anteil an dem Gewicht des Stengels hat. Während nun die Stärke der sekundären Xylemschicht und die Dicke der Fasern von unten nach oben fortwährend abnehmen, nimmt die Anzahl der Fasern anfangs zu und dann wieder ab. Den Stengel entlang ist also die relative Fasermenge von mehreren Faktoren abhängig, deren gegenseitiges Verhalten an verschiedenen Stellen des Stengels ein verschiedenes ist.

Herzog[1]) hat den Fasergehalt in verschiedener Höhe des Stengels bestimmt und erhielt die in der folgenden Tabelle angegebenen Werte.

Tabelle 47.

Stengelhöhe.	Absolutes Gewicht der Stengelteile in gr.	Absolutes Gewicht der Fasern in gr.	Prozentgehalt an Fasern.
Wurzel und Hypokotyl	4,297	0,149	3,98
0—10 cm	8,820	1,420	18,33
10—20 „	7,497	1,980	30,14
20—30 „	6,917	1,880	31,02
30—40 „	6,323	1,923	34,80
40—50 „	5,450	1,557	32,66
50—60 „	4,613	1,303	32,28
60—70 „	3,913	1,067	31,15
70—80 „	3,290	0,817	28,77

Hieraus geht hervor, dass der absolute Fasergehalt in der Wurzel samt

[1]) A. Herzog, l. c.

dem Hypokotyl sehr gering ist, aber oberhalb des Kotyledonenansatzes nimmt derselbe rasch zu und erreicht schon im unteren Stengelteil, 10—20 cm oberhalb der Keimblätter, das Maximum. Auch der Prozentgehalt, das heisst der relative Fasergehalt, zeigt den Stengel entlang eine Zu- und darauffolgende Abnahme, sein Maximum liegt aber höher, fast in der Mitte des Stengels. An dieser Stelle besitzt der Stengel also die relativ grösste Gewichtsmenge von Fasern; bedeutend mehr nach unten aber kommt die absolut grösste Menge vor.

Wie verhält sich nun der relative Fasergehalt bei Stengeln verschiedener Dicke? Oben haben wir gesehen, dass mit einem grösseren Durchmesser des Stengels eine grössere Dicke derselben verbunden ist; aber zugleich ist in dickeren Stengeln die Ausbildung der übrigen Gewebe, zumal die des sekundären Xylems ansehnlicher. Von vornherein lässt sich also nicht sagen, in welchen Stengeln der Fasergehalt relativ am grössten sein wird. Nur die Bestimmung der Fasermenge bei Stengeln verschiedener Dicke kann dieses entscheiden.

Schindler[1]) verglich bei seinen Untersuchungen über den Fasergehalt der verschiedenen russischen Leinsorten auch nebenbei dünnere und dickere Stengel derselben Sorte. Er bestimmte den Fasergehalt von je 7 gerösteten Stengelabschnitten von 10 cm Länge aus der Mitte der Stengel und erhielt das Folgende:

Tabelle 48.

Stengeldurchmesser.	Gewicht der gerösteten Stengelstücke.	Gewicht der Fasern.	Prozentgehalt an Fasern.
1,3—1,5 mm	0,517 gr	0,200 gr	38,68
2,3—2,8 „	1,083 „	0,361 „	33,33

Hieraus ergab sich, dass von diesen Stengeln die dünneren die faserreicheren waren. Ich habe dergleichen Versuche etwas ausführlicher wiederholt. Zu diesem Zweck habe ich eine Probe von etwa 200 Leinstengeln von den Parzellen mit fettem Boden im botanischen Garten ihrer Dicke nach, in vier Gruppen geteilt. Aus jedem Stengel wurde nun ein Stück von 15 cm Länge geschnitten, und zwar so, dass die Mitte dieses Stengelabschnittes etwa 0,3 der Höhe des Stengels entsprach. Es geschah dies so, weil, wie wir früher sahen,

[1]) F. Schindler, l. c. S. 174.

das Maximum der Fasernzahl etwa an dieser Stelle liegt und also Stengelteile, welche beiderseits an diese Stelle grenzen, am besten miteinander vergleichbar sind. Die vier Partien von Stengelabschnitten wurden lufttrocken gewogen, darauf geröstet und nach vollkommener Austrocknung wurden die Fasern vom Holzkörper und von der Epidermis und Rinde getrennt. Dieses letztere geschah mit grosser Sorgfalt, damit keine einzige Faser verloren ginge. Darauf wurden die erhaltenen Fasern lufttrocken gewogen. In der folgenden Tabelle finden sich die diesbezüglichen Angaben.

Tabelle 49.

Durchmesser des Stengels in mm.	Gewicht der Stengelstücke in gr.	Gewicht der Fasern in gr.	Prozentgehalt an Fasern.
0,5—1,0	2,340	0,825	35,26
1,0—1,5	7,556	2,315	30,64
1,5—2,0	8,225	2,195	26,69
3,5—5,0	9,647	1,470	15,24

Die Vergleichung der in der ersten Spalte verzeichneten Durchmesser der Stengel mit den in der vierten angegebenen Prozentzahlen lehrt, dass die dünnsten Stengel relativ die grösste Gewichtsmenge von Fasern enthalten, und dass mit zunehmender Dicke des Stengels der Prozentgehalt an Fasern abnimmt. Weiter zeigen die Zahlen, dass die Unterschiede im Prozentgehalt zwischen Stengeln verschiedener Dicke sehr bedeutend sind. Das relative Gewicht der Fasern der dicksten Stengel beträgt sogar nicht die Hälfte des relativen Fasergewichtes der dünnsten Stengel. Es zeigt sich also, dass in den dickeren Stengeln, die Ausbildung der Fasern, ungeachtet der grösseren Anzahl und der grösseren Dicke derselben, in Beziehung zu den übrigen Geweben dennoch viel geringer ist als in den dünneren.

Über die Frage, ob der Boden Einfluss auf den Fasergehalt ausübt, können die bereits S. 38 genannten, vergleichenden Röstversuche des Flachses vom fetten und vom mageren Boden im botanischen Garten Aufschluss geben. Wie gesagt, wurde von jeder Parzelle eine Probe in der künstlichen Röstanstalt des Herrn Dr. Sjollema, unter Leitung des Herrn Dr. de Ruijter de Wildt, geröstet, darauf weiter bearbeitet und der Fasergehalt derselben bestimmt. Dieser Gehalt betrug für die Kultur des fetten Bodens 24,17% des

ungerösteten, 29,88 % des gerösteten Flachses; und für die Kultur des mageren Bodens 22,34 % des ungerösteten und 28,82 % des gerösteten Flachses. Aus diesen Zahlen geht hervor, dass der Boden auf den Prozentgehalt, das heisst auf die relative in den Stengeln vorhandene Gewichtsmenge der Fasern, wenn nicht einen grossen, dennoch einen sehr wohl wahrnehmbaren Einfluss ausübt. Wenn wir nun in Betracht ziehen, dass der Flachs vom mageren Boden viel dünner ist als der des fetten, so müsste, wenn der Boden keinen Einfluss ausübte, aus diesem Grunde der Flachs des mageren Bodens einen höheren Prozentgehalt zeigen. Derselbe ist aber sogar geringer. Der direkte Einfluss des Bodens ist also grösser als aus den oben angegebenen Zahlen hervorgeht und dieses würde sich ergeben, wenn Stengel gleicher Dicke der beiden Kulturen miteinander verglichen wären.

Sehr gross ist der Einfluss des Bodens auf den Faserertrag, das heisst den absoluten Fasergehalt. Denn nicht nur ist der prozentische Fasergehalt auf dem fetten Boden grösser als auf dem mageren, sondern auch die Länge und die Dicke des Stengels sind auf ersterem durchschnittlich grösser und diese Stengel enthalten auch deswegen eine grössere Faserquantität. Der Faserertrag pro Hektar auf dem fetten Boden ist bei gleicher Saatdichte also viel grösser als auf dem mageren.

Die hier angeführten Prozentzahlen 24,17 % und 22,34 % bleiben bedeutend hinter den in der Tabelle 49 angegebenen zurück. Die Ursache davon ist, dass die ersteren Zahlen sich auf den Flachs des ganzen Stengels beziehen, die letzteren dagegen nur auf den faserreichsten Teil des Stengels. Dieselben sind somit nicht miteinander vergleichbar.

Ich röstete auch 15 cm lange Abschnitte von ohne Wahl aus einem Flachsbündel vom Acker in Sappemeer genommenen Stengeln. Die Dicke derselben variierte zwischen 0,5 und 1,5 mm. Aus 9,657 gr lufttrockener Stengelteile erhielt ich 2,805 gr Fasern, also 29,04 %.

Wenn wir diesen Prozentgehalt mit den oben, für den Flachs des fetten Bodens angegebenen, vergleichen wollen, so müssen wir in der Tabelle 49 nur die Stengel von 0,5—1,0 mm und 1,0—1,5 mm Dicke berücksichtigen, weil diese von der dichtgesäten Kultur, also von derjenigen Kultur, welche wir bis jetzt mit der des Ackers in Sappemeer verglichen haben, stammen. Als Mittel der beiden Werte ergibt sich 32,95 %, also nicht unbedeutend mehr als der für den Flachs von Sappemeer erhaltene Prozentgehalt. Auch bei der Vergleichung des Flachses vom fetten Boden im botanischen Garten mit dem Flachse vom Acker in Sappemeer ergibt sich somit, dass der Boden einen nicht unerheblichen Einfluss auf den Faserprozentgehalt ausübt.

Oben sahen wir, dass die Anzahl der Fasern in Flachsstengeln vom Acker in Sappemeer etwas geringer ist als in gleich dicken Stengeln der dichtgesäten Gartenkultur auf fettem Boden, dass aber demgegenüber die Dicke der Fasern im Flachs von Sappemeer etwas grösser ist. Diese Unterschiede gleichen sich aber nicht aus, denn der Fasergehalt des Flachses von Sappemeer ist, trotz der gröberen Faser, geringer. Dieser geringere Prozentgehalt des Flachses von Sappemeer beweist, dass bei der relativen, im Stengel vorhandenen Fasermenge die Fruchtbarkeit des Bodens nicht der wichtigste Faktor ist, denn der Boden des Ackers in Sappemeer ist keineswegs ein magerer. Es müssen somit andere Faktoren des Bodens, seine Beschaffenheit oder eigentümliche Nahrungsverhältnisse einen grossen Einfluss auf den relativen Fasergehalt ausüben.

Vergleichen wir jetzt in der Tabelle 49 den Prozentgehalt der Stengel von 0,5—1,0 mm und 1,0—1,5 mm Dicke, das heisst den der dichtstehenden Kultur, mit demjenigen der Stengel von 1,5—2,0 mm Dicke, das heisst dem der am Rande dieser Kultur, also mit etwas grösserem Standraum wachsenden, und mit dem der Stengel von 3,5—5,0 mm Dicke, das heisst dem der Pflanzen der weitstehenden Kultur. Es ergibt sich dann, dass der Standraum einen grossen Einfluss auf den relativen Fasergehalt ausübt. Durch sehr grossen Standraum wird der Prozentgehalt sogar auf weniger als die Hälfte vermindert. Derselbe ist also sehr empfindlich für diesen Faktor, bedeutend mehr als für den Einfluss des Bodens, denn wie wir oben sahen, beträgt der Unterschied im Fasergehalt der Kulturen auf fettem und auf magerem Boden nur einige Prozente. Zudem wirken Boden und Standraum auf den relativen Fasergehalt in entgegengesetzter Richtung. Während fetterer Boden denselben steigert, setzt grösserer Standraum den Prozentgehalt sehr bedeutend herab. Das nämliche Verhalten dieser beiden Faktoren fanden wir nur bei der Länge des unverästelten Stengelteils. Auch auf dieses Merkmal wirkt grösserer Standraum in negativer Richtung. Auf alle andere im dritten Kapitel studierten Stengelmerkmale, sowie auch auf die Anzahl und die Dicke der Faser und ebenfalls auf den absoluten Fasergehalt des Stengels wirkt der Standraum vergrössernd.

§ 11. Die Form der Faser.

Obgleich Leeuwenhoek [1]) schon im Jahre 1677 die Flachsfaser unter dem Mikroskop beobachtete, wurde nach den Angaben Reisseks [2]) die röhrige

[1]) A. van Leeuwenhoek, l. c.

[2]) S. Reissek, l. c. S. 139.

Natur und wahre Form der Faser erst im Jahre 1834 zum ersten Male von Bauer erkannt. In einer Abhandlung von Thomson[1]) werden Beschreibungen und Abbildungen der Flachsfaser gegeben, welche Bauer auf Veranlassung von Thomson angefertigt hat. Seitdem findet sich in jeder Arbeit über die Leinpflanze und über Textilstoffe eine Beschreibung oder Abbildung dieser Zelle. Wie es bei einem Gegenstand so einfacher Gestalt auf der Hand liegt, sind diese Beschreibungen ziemlich gleichartig und wird die Flachsfaser im allgemeinen als eine sehr lange, dickwandige Zelle mit beiderseits scharf zugespitzten Enden dargestellt.

Einige Forscher, welche sich mehr insbesondere dem Studium der Flachsfaser widmeten, haben gefunden, dass die Form der Fasern des basalen Stengelteils von der beschriebenen mehr oder weniger abweicht. Schon Reissek[2]) und Boehm[3]) lenkten die Aufmerksamkeit auf diese Erscheinung und von Vétillart[4]) werden, neben den regelmässigen, vieleckigen Querschnitten der Fasern der mittleren Region eines Stengels, auch die unregelmässiger gestalteten, mit grösserem Lumen versehenen Querschnitte einiger Fasern des basalen Stengelteils dargestellt. Besonders aber Herzog[5]) hat die Form der Fasern in der Wurzel, im Hypokotyl und in verschiedenen Höhen des Stengels ausführlicher studiert und die im allgemeinen im gewöhnlichen Flachs an dieser Stellen vorkommenden Fasern beschrieben. Bei meinen Untersuchungen fand ich die Angaben Herzogs grösstenteils bestätigt; ich beobachtete aber, dass die basalen Teile der Stengel verschiedener Kulturen in dieser Hinsicht bedeutende Unterschiede aufweisen. Gewöhnlich sind die Formverhältnisse in verschiedener Höhe des Stengels die folgenden. An der Basis erscheinen die Fasern im Querschnitt abgerundet, oval, bisweilen in radialer Richtung mehr oder weniger zusammengepresst (Taf. III, Fig. 8, Taf. V, Fig. 42 und 43). Die langen Spitzen endigen meistens abgerundet (Taf. III, Fig. 9). Im mittleren Teil des Stengels sind die Querschnitte scharf vieleckig (Taf. III, Fig. 17) und die Zellenden meistens scharf zugespitzt (Taf. III, Fig. 11). Im oberen Stengelteil wird der Faserquerschnitt zunächst wieder abgerundet (Taf. IV, Fig. 23), darauf unregelmässiger, oft

[1]) J. Thomson, Ueber das Gewebe an den ägyptischen Mumien. Wöhler und Liebig's Ann. der Chem. und Pharm. Bd. LXIX, 1849, S. 128.

[2]) S. Reissek, l. c.

[3]) J. Boehm, l. c. S. 40.

[4]) M. Vétillart, l. c. S. 67 und: C. Roucher, Des filaments végétaux employés dans l'industrie. Procédé de M. Vétillart. 1873.

[5]) A. Herzog, l. c.

mit einspringenden Ecken. In der Nähe der Kapsel, etwa 2 cm unterhalb derselben, fängt aber das Bild noch einmal zu verändern an, im Zusammenhang mit dem abweichenden Bau des Stengels daselbst. Die Fasern schliessen enge aneinander und weisen bis zur Spitze eine im Querschnitt scharf polygonale Form auf (Taf. IV, Fig. 18). Die Zellenden der Fasern aus dem oberen Stengelteil sind entweder abgerundet oder zugespitzt.

Im mittleren und oberen Stengelteil finden sich die geschilderten Verhältnisse bei allen Pflanzen vor, nur die Länge des Stengelteils, in welchem die Fasern einen polygonalen Querschnitt aufweisen, ist relativ verschieden. An der Basis aber unterscheiden sich die Stengel verschiedener Kulturen bedeutend. Besonders der Flachs vom Acker in Sappemeer und die weit voneinander entfernt kultivierten Pflanzen zeigen neben den kleineren, ovalen Fasern, grössere, stark in tangentialer Richtung ausgedehnte und Fasern von unregelmässiger Form mit einspringenden Ecken (Taf. V, Fig. 38 und 42).

Auch in der Längsansicht zeigen die Fasern, besonders die der basalen Stengelteile, oft eine von der normalen abweichende Gestalt. Stellenweise kommen Erweiterungen vor, durch kürzere oder längere, gleichmässig dicke Strecken getrennt. Der Durchmesser dieser Fasern wird also zwischen den beiden Spitzen mehrere Male kleiner und grösser, und in der Längsansicht zeigt die Zellwand einen welligen Verlauf. Derartige Fasern endigen oft mit einer von einer mehr oder weniger scharfen Spitze versehenen Auftreibung (Taf. III, Fig. 10, Taf. IV, Fig. 31).

Nach den Beobachtungen HERZOGS[1]) treten die Fasern mit ausserordentlich wechselndem Durchmesser besonder häufig im Hypokotyl auf.

Um Irrtümer vorzubeugen hebe ich hervor, dass diese lokalen Anschwellungen der Faser eine ganz andere Erscheinung sind als die später zu besprechenden Verschiebungen, welche auch in der Form von lokalen Verdickungen auftreten können.

Das Vorkommen von lokalen Erweiterungen ist eine auch bei den Fasern anderer Pflanzen nicht seltene Erscheinung. Die Erweiterungen wurden zum ersten Male von KRABBE[2]) besonders bei den *Asclepiadeen* und *Apocyneen*, aber auch bei *Linum* eingehend studiert. Nach ihm treten die Erweiterungen erst in späteren Entwicklungsstadien auf und ich schliesse mich dieser Aussprache völlig an, denn ich fand die Fasern mit den lokalen Anschwellungen

[1]) A. HERZOG, l. c. S. 382.

[2]) G. KRABBE, Ein Beitrag zur Kenntniss der Structur und des Wachsthums vegetabilischer Zellhäute. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 18, 1887, S. 380.

nur in älteren Pflanzen. Über die mit diesen lokalen Erweiterungen einhergehende Einkapselung des Protoplasmas werde ich später sprechen.

§ 12. Die Membran der Faser.

Die Membran der Faser besteht aus der Mittellamelle und den sekundären Verdickungsschichten. Erstere ist sehr dünn, während die sekundären Schichten die Hauptmasse der Faserwand bilden. Der Zusammenhang zwischen der Mittellamelle und dem sekundären Teil der Wand ist kein sehr fester; es findet leicht eine Trennung beider statt, wie es in Stengelquerschnitten oft sichtbar ist. Auch in der Längsansicht der Fasern konnte ich die Trennung der Mittellamelle vom inneren sekundären Membranteil beobachten. Wenn die vom Stengel abgelöste Faserschicht während kurzer Zeit in Wasser verweilt hat, sind die Mittellamellen der Fasern meistens noch nicht verändert und verschwunden. Wird dann mit einem stumpfen Messer in der Längsrichtung der Fasern über die Schicht gestrichen, so werden die Fasern zum Teil isoliert und es finden sich unter denselben einige, bei welchen die Mittellamelle vom inneren Faserteil über eine kürzere oder längere Strecke abgestreift ist. Der nur von einer sekundären Wand versehene Faserteil ragt dann aus der von der Mittellamelle gebildeten Hülle, welche den übrigen Faserteil umgibt, hervor (Taf. III, Fig. 12).

In der isolierten Faser des gerösteten Flachses ist die Mittellamelle meistens verschwunden und es besteht die Wand der bereiteten Flachsfaser somit nur aus den sekundären Verdickungsschichten. STRASBURGER[1]) hat diese Tatsache für die isolierten Bastfasern im allgemeinen bereits früher hervorgehoben.

1. *Die Dicke der Fasermembran.*

Die Dicke der Faserwand ist meistens über die ganze Zelle dieselbe. Nur die abnormal gestalteten Fasern des basalen Teils einiger Stengel zeigen auch in der Verdickung Ungleichmässigkeiten; stellenweise sind diese stark und schwach verdickt.

Der Grad der Wandverdickung, welche die Fasern aufweisen, variiert bedeutend und es finden sich in verschiedenen Stengeln alle Übergänge vor zwischen Fasern mit verhältnismässig dünnen Wänden und Fasern, deren Zellmembran dermassen verdickt ist, dass das Lumen fast ganz verschwunden ist. Letzteres kommt in normalen Flachspflanzen hauptsächlich im

---

[1]) ED. STRASBURGER, Über den Bau und das Wachsthum der Zellhäute. 1882. S. 66.

mittleren Stengelteil vor. (Taf. III, Fig. 17). Die Fasern der unteren und der oberen Region weisen in der Regel ein mehr oder weniger grösseres Lumen auf (Taf. III, Fig. 8, Taf. IV, Fig. 23, Taf. V, Fig. 38 und 43). In der unmittelbaren Nähe der Frucht ist die Wand der Faser relativ sehr dünn (Taf. IV, Fig. 18).

Herzog [1]) hat das Verhältnis von Wandfläche und Lumen der Querschnitte der Fasern aus verschiedenen Stengelzonen bestimmt und dafür, auf die gesamte Querschnittsfläche bezogen, folgende Zahlen gefunden.

	Membran.	Lumen.
im unteren Stengelteil . . .	88,4 %	11,6 %
„ mittleren „ . . .	98,8 „	1,2 „
„ oberen „ . . .	92,9 „	7,1 „

Diese Zahlen bestätigen also das oben Gesagte.

Nicht nur die verschiedenen Teile eines einzigen Stengels zeigen in dieser Hinsicht Unterschiede, sondern auch die Stengel verschiedener Kulturen gehen, was die Verdickung ihrer Fasern betrifft, auseinander. Obgleich ich diesen Gegenstand nicht statistisch untersuchte, so lehren meine Beobachtungen dennoch, dass der Boden und die übrigen Wachstumsbedingungen einen merkbaren Einfluss auf diese Erscheinung ausüben. Besonders ist der Einfluss dieser Faktoren sichtbar dadurch, dass in den Pflanzen der einen Kultur alle Fasern eines Stengelquerschnittes ungefähr in demselben Grade verdickt sind, während in den Stengeln anderer Kulturen nebeneinander sich sehr stark verdickte Fasern und Fasern mit relativ sehr dünner Wand vorfinden. Letzteres ist z. B. sehr in die Augen fallend in den unteren Stengelteilen der weit voneinander entfernt kultivierten Pflanzen und des Flachses vom Acker in Sappemeer. Derartige ungleich stark verdickte Fasern haben für die Praxis weniger Wert, ebenso wie die über ihre ganze Länge nur schwach verdickten Fasern. Denn bei sonst gleichen Eigenschaften verdient eine stark verdickte Faser wegen ihrer grösseren Widerstandsfähigkeit den Vorzug

2. *Die Struktur der Fasermembran.*

Die verdickte Faserwand ist keine homogene Masse, sondern zeigt zweierlei Struktur, eine Schichtung und eine Streifung. Diese Erscheinungen sind von den meisten Forschern, welche sich mit der Flachsfaser beschäftigt

[1]) A. Herzog, l. c. S. 421.

haben, beobachtet und besonders von NÄGELI [1]), STRASBURGER [2]), KRABBE [3]) und CORRENS [4]) bei ihren Untersuchungen über die Struktur und das Wachstum der Zellhäute studiert worden. Die Schichtung der Faser ist sowohl auf Querschnitten wie in der Längsansicht sichtbar. Auf dem Querschnitt zeigt die Faser ein System konzentrischer, heller Ringe, welche durch schmale, dunkle Linien getrennt sind (Taf. III, Fig. 8 und 17, Taf. IV, Fig. 23, Taf. V, Fig. 42). In der isolierten Faser verlaufen die dunklen Linien in der Längsrichtung zwischen den breiteren,helleren Partien der Membran (Taf. IV, Fig. 24, Taf. V, Fig. 41). Bei anderer Einstellung des Mikroskopes kehrt sich das Bild um und erscheinen die schmalen Linien hell, die breiteren Lamellen dunkel.

Nach den Untersuchungen NÄGELIS und CORRENS' beruht die Schichtung auf dem Wechsel wasserärmerer und wasserreicherer Lamellen. Die letzteren sind die schmäleren, als dunkle Linien erscheinenden. Im ausgetrockneten Zustande der Faser sind die Schichten unsichtbar, sie treten aber bei Zusatz von Wasser sogleich wieder hervor. Die Deutlichkeit und die Anzahl der Schichten bei der Untersuchung in Wasser ist eine sehr verschiedene. Die schönste Schichtung zeigen die grösseren, stark verdickten Fasern des basalen Stengelteils. In den stark verdickten Fasern der mittleren Region des Stengels sind die Lamellen bisweilen schwer oder gar nicht wahrzunehmen. Im letzteren Falle erscheint die Faserwand dann homogen, aber diese Homogenität ist nur eine scheinbare, denn bei Anwendung von Quellungsmitteln, wie Kupferoxydammoniak oder verdünnter Schwefelsäure wird die Schichtung sichtbar. In den bereits in Wasser deutlich geschichteten Fasern tritt durch das Aufquellen in den dickeren Lamellen oft noch eine feinere Schichtung zutage. Die Dicke der Lamellen in den verschiedenen Fasern und in der einzelnen Faser variiert bedeutend.

Wie durch die Untersuchungen von NÄGELI zuerst bekannt wurde, ist die Quellungsfähigkeit der aufeinanderfolgenden Lamellen eine ungleich grosse. Die inneren Schichten quellen in tangentialer Richtung viel stärker als die äusseren. Demzufolge findet in starken Quellungsmitteln bisweilen ein Platzen des äusseren Membranteils statt, oder ein stellenweise sich Ablösen der inne-

[1]) C. NÄGELI, Ueber den inneren Bau der vegetabilischen Zellmembranen. Botan. Mittheil. von NÄGELI, Bd. II, 1866, S. 1.

[2]) ED. STRASBURGER, l. c.

[3]) G. KRABBE, l. c. S. 363.

[4]) C. CORRENS, Zur Kenntniss der inneren Structur der vegetabilischen Zellmembranen. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 23, 1892, S. 254.

ren Schichten von den sie umgrenzenden. Die inneren mehr gequollenen Lamellen bekommen dann eine wellenförmige Biegung. Hieraus ergibt sich, dass die aufeinanderfolgenden Schichten in verhältnismässig sehr losem Zusammenhang stehen, so dass sie leicht voneinander getrennt werden. Zudem werden die Lamellen beim Aufquellen dicker und in der Richtung der Längsachse zusammengezogen. Die äusseren Schichten verkürzen sich aber stärker als die inneren und folglich treten in kurzen Faserabschnitten die inneren Schichten an beiden Enden hervor.

In Stengelquerschnitten findet man oft in mehreren Fasern die genannte Fältelung der innersten Verdickungsschicht oder eines Komplexes der innersten Lamellen (Taf. III, Fig. 8, Taf. IV, Fig. 21 und 22). Diese Fältelung ist meistens eine Folge des Schneidens, setzt aber die Anwesenheit eines Quellungsmittels voraus. In Querschnitten von lebenden Stengelstücken in absolutem Alkohol untersucht, fand ich diese Erscheinung nur selten, ich konnte aber durch Zusatz von Kupferoxydammoniak oder verdünnter Schwefelsäure in den nämlichen Präparaten das teilweise sich Loslösen und die wellenförmige Biegung der innersten Schicht oder Schichten in mehreren Fasern hervorrufen, nicht aber durch blossen Zusatz von Wasser. Hatten aber die nämlichen Stengelteile während einiger Zeit in Wasser gelegen, so war auf in Wasser untersuchten Querschnitten die Erscheinung in mehreren Fasern sichtbar. An erster Stelle ist für das Auftreten der Erscheinung also das Vorhandensein eines mehr oder weniger energischen Quellungsmittels notwendig, ferner wird aber durch das Schneiden die Fältelung sehr begünstigt. In Querschnitten von Chromsäurematerial und von Material aus verdünntem Alkohol findet man die Fasern mit losgelösten inneren Lamellen sehr oft und sowohl junge Fasern, in welchen die Verdickung eben anfängt (Taf. IV, Fig. 21), wie stark verdickte zeigen diese Erscheinung (Taf. IV, Fig. 22).

Ausser der mehr oder weniger deutlichen Schichtung zeigt die Faserwand eine spiralige Streifung, welche aus zwei steilen, schiefwinklig sich kreuzenden Streifensystemen besteht (Taf. III, Fig. 10, Taf. IV, Fig. 31, Taf. V, Fig. 37). Nägeli war der Meinung, dass beide Systeme zugleich in jeder Membranlamelle vorkommen. Die Untersuchungen von Strasburger, Krabbe und Correns haben aber gelehrt, dass jede Schicht nur ein einziges Streifensystem besitzt, indem die Streifen der aufeinanderfolgenden Lamellen sich kreuzen. Bei Betrachtung der Längsansicht der Fasern ist die Streifung meistens deutlich sichtbar. Es lässt sich dann eine sehr deutliche Niveaudifferenz der Streifensysteme erkennen, denn wird zuerst auf die Aus-

senfläche der Faser eingestellt und darauf der Tubus des Mikroskopes langsam gesenkt, so treten nacheinander die verschiedenen, sich kreuzenden Streifensysteme auf. Auf dem Querschnitt ist die Streifung der Membran nicht so leicht wahrzunehmen. Bei grossen Fasern mit dicken Lamellen, wie sie an der Basis am meisten sich finden, sind bisweilen in einer oder mehreren der Lamellen feine Querlinien sichtbar, welche nicht vollkommen radial verlaufen. Dieses letztere rührt daher, dass die ringsum aneinander gelagerten Streifen, aus welchen jede Lamelle zusammengesetzt ist, nicht genau radial gestellt sind (Taf. III, Fig. 8).

Nach Nägeli und Correns wird auch die Streifung der Faserwand durch Unterschiede im Wassergehalt der verschiedenen, nebeneinander liegenden Teile der Lamelle verursacht. Wie bei der Schichtung sind auch hier die schmalen, dunklen Partien die wasserreicheren.

Die Streifung ist meistens sehr deutlich in den Fasern mit grossem Durchmesser und geringer Wandverdickung, besonders aber an den lokal erweiterten Stellen, welche die Fasern des basalen Stengelteils oft aufweisen. Dagegen ist die Streifung in den dünneren Fasern mit stark verdickter Wand nicht immer wahrzunehmen, wird aber beim Aufquellen der Zellhaut sogleich sichtbar.

Ausser Schichtung und Streifung kommt bei den Fasern einiger Pflanzen eine Membranstruktur vor, welche mit dem Namen Querlamellierung angedeutet wird. Diese Querlamellierung besteht aus mehr oder weniger wellig gekrümmten, im allgemeinen senkrecht zur Zellachse gestellten Streifen, welche bisweilen ein Netz mit in die Quere gezogenen Maschen bildet. Nach Correns [1]) kommt die Querlamellierung der Zellhaut, welche bei *Apocynum androsaemifolium*, *Nerium oleander*, *Vinca minor* und *major* häufig auftritt, auch bei *Linum* vor, aber selten.

Ich selber habe diese Membranstruktur niemals in der Leinfaser beobachtet, aber wollte doch nicht unterlassen diese Erscheinung hier zu erwähnen. Jedesmal, wenn ich Querlamellierung vorzuhaben meinte, ergab es sich, dass es eine Verschiebung war, denn die betreffende Stelle färbte sich mit Chlorzinkjod schneller und intensiver blau als die übrige Membran. Nach Correns aber bleiben gerade die Streifen der Querlamellierung am längsten ungefärbt und kann sogar das Verhalten Chlorzinkjod gegenüber dazu dienen die Querlamellierung von den Verschiebungslinien zu unterscheiden.

---

[1]) C. Correns, l. c. S. 299.

3. *Die Verschiebungen der Fasermembran.*

Beim Studium der Flachsfaser findet man oft eigentümliche Erscheinungen in der Struktur der Zellwand, welche in den Fig. 25—30, 32 und 33, Taf. IV, abgebildet sind. VON HÖHNEL[1]) hat diese mit dem Namen Verschiebungen bezeichnet. Schon früher wurde diese Eigentümlichkeit der Fasern von mehrerer Forschern wie REISSEK[2]), SCHACHT[3]), NÄGELI[4]) und VÉTILLART[5]) beobachtet, aber erst VON HÖHNEL hat sie bei den Fasern mehrerer Pflanzen eingehender untersucht. Als Verschiebung bezeichnet VON HÖHNEL die Erscheinung, dass die in der Längsansicht beobachteten Fasern stellenweise plötzlich eine Richtungsänderung aufweisen, während eine Strecke weiter die erste Richtung wieder angenommen wird. Ein kurzer Teil der Faser ist dabei ein wenig nach der einen oder der anderen Seite aus der normalen Längsrichtung der Faser verschoben. An denjenigen Stellen, wo der schief gerichtete Abschnitt der Faser an den übrigen Teil derselben grenzt, bildet die Zellwand in der Längsansicht einen mehr oder weniger scharfen Winkel. Wird die Faser dann um 90° um ihre Längsachse gedreht, so bleiben die Verschiebungen lediglich durch Querstreifen oder Spalten in den Verdickungsschichten an der Stelle der Knickungen merkbar. Meistens aber, betont VON HÖHNEL, sind die Verschiebungen so schwach, dass sie sich nur in der Form von einfachen, schiefen Linien, sich x-förmig kreuzenden Linien oder durch schwache Anschwellungen, sogenannte Knoten, kund geben. VÉTILLART, der die gekreuzten Sprunglinien schon beobachtete, nannte dieselben „plis de flexion, qui indiquent un déchirement dans le corps fibreux de la cellule".

Über die Ursache der Verschiebungen ist vielfach gestritten. Es ist merkwürdig, dass, unserer heutigen Ansicht nach, ein älterer Forscher wie REISSEK, der die Erscheinung nicht eingehend studierte, beiläufig die richtige Erklärung gab, während VON HÖHNEL, welcher der Sache ein absichtliches Studium widmete, wenigstens was die Leinfaser betrifft irre geführt ist. REISSEK betrachtet die Querspalten, welche in den Knoten die Verdickungsschichten der Fasern durchsetzen und sehr oft im Schwingflachs auftreten, als durch die mechanische Verarbeitung verursacht. VON HÖHNEL aber

[1]) FR. VON HÖHNEL, Ueber den Einfluss des Rindendruckes auf die Beschaffenheit der Bastfasern der Dicotylen. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 15, 1884, S. 311.

[2]) S. REISSEK, l. c. S. 136.

[3]) H. SCHACHT, l. c. S. 216.

[4]) C. NÄGELI, l. c. S. 80.

[5]) M. VÉTILLART, l. c.

hält die Verschiebungen für in der lebenden Pflanze auftretende, morphologische Veränderungen, welche infolge des ungleich starken radial wirkenden Rindendruckes entstehen. Sie sind nach ihm nichts Anderes als scharfe Biegungs- oder oft Bruchstellen, die gleichsam Eindrücke der umgebenden Elemente sind.

SCHWENDENER[1]) hat diesen Gegenstand aufs neue untersucht und die Fasern mehrerer Pflanzen durch Fäulnis in Wasser unter möglichster Vermeidung mechanischer Eingriffe isoliert. Bei den derweise sehr sorgfältig behandelten Fasern fand er keine Verschiebungen und schliesst daraus, dass diese selten oder nie in der lebenden Pflanze vorkommen, sondern erst nachträglich durch die mechanische Verarbeitung hervorgerufen werden. Er betrachtet dieselben folglich im allgemeinen als Kunstprodukte.

Weil SCHWENDENER Leinenfasern und andere technisch verwendeten Fasern nicht untersuchte, wurde dies von WIESNER[2]) unternommen. Dieser isolierte die Fasern von reifen, aber noch ungebrochenen Flachsstengeln durch Kochen in Wasser und konnte an denselben keine Spur von Verschiebungen wahrnehmen. Er pflichtet also auch für den Flachs der Ansicht SCHWENDENERS bei, dass die Verschiebungen in der lebenden Pflanze nicht vorhanden sind, sondern erst später durch mechanische Verletzungen, z. B. während des Brechens der Leinstengel auftreten. WIESNER gibt aber keinen Aufschluss über die nicht zu leugnende Tatsache, dass VON HÖHNEL die Verschiebungen auch in Längsschnitten der lebenden Pflanze beobachtete.

Seit den Untersuchungen SCHWENDENERS und WIESNERS gibt es aber noch immer Autoren, welche die Auffassung VON HÖHNELS als die richtige anerkennen.

KUHNERT[3]) sagt: „Diese Verschiebungen sind nicht, wie mehrfach angenommen wird, eine Folge der energischen mechanischen Operationen der Flachsbereitung (Quetschungsstellen), sondern lediglich verursacht durch radiale Spannungen in der Flachspflanze". Dieser Autor beruft sich aber nicht auf eigene Befunde.

Dagegen findet SAITO[4]) die Angaben VON HÖHNELS auf Grund eigener Beobachtungen an Längsschnitten der Bastteile und an technisch präparierten

---

[1]) S. SCHWENDENER, Ueber die „Verschiebungen" der Bastfasern im Sinne v. HÖHNEL'S. Ber. d. d. bot. Ges. Bd. XII, 1894, S. 239.

[2]) J. WIESNER, l. c. S. 200.

[3]) R. KUHNERT, l. c. S. 12.

[4]) K. Saito, l. c. S. 426.

Fasern vollkommen bestätigt. Er hält wie von Höhnel jeden Zweifel darüber für ausgeschlossen, dass die Verschiebungen vom ungleichmässigen Druck der umgebenden Elemente hervorgebracht werden. Anderseits pflichtet Saito ebenfalls der Meinung Schwendeners bei, dass die Verschiebungen als Kunstprodukte entstehen. Nach der Auffassung Saitos sind also die Verschiebungen der Flachsfaser teils infolge von Spannungsverhältnissen schon in der lebenden Pflanze vorhanden, teils aber entstehen dieselben aus mechanischen Ursachen erst beim Präparieren.

Bei dieser Sachlage schien es mir geboten den betreffenden Gegenstand eingehend zu untersuchen. Ich isolierte deshalb die Fasern sowohl durch Rösten wie durch Kochen in Wasser und achtete genau darauf, dass jede mechanische Verletzung ausgeschlossen war. Zudem fertigte ich radiale und tangentiale Längsschnitte an.

Die äusserst vorsichtig isolierten Fasern nun weisen keine Verschiebungen auf. Wohl zeigen sie meistens eine grosse Menge von mehr oder weniger deutlichen Ringen und schiefen, queren oder gekreuzten Linien, welche wie Spalten und Bruchstellen der Faserwand erscheinen. Dieselben gehören aber der Faser nicht an und sind nur Reste anhaftender Parenchymzellen. Ich betone diesen Punkt ausdrücklich, weil diese Erscheinung der von von Höhnel als vielfach vorkommend beschriebenen Form der Verschiebungen täuschend ähnlich ist, zumal auch weil die Reste sich wie die Risse und Spalten der Fasern bei Anwendung von Jod und Schwefelsäure schneller und tiefer blau färben als der unverletzte Faserteil. Auch im bereiteten Flachs, nach dem Brechen, Schwingen und Hecheln finden sich diese Reste noch vor und es sind dieselben mehrmals als eine der Faser angehörende Erscheinung beschrieben worden. Nur bei eingehender Untersuchung, genau auf den Verlauf der Faserschichten achtend, lässt sich feststellen, ob es sich um wirkliche Risse, Spalten und Bruchlinien oder um Parenchymreste handelt. Es wird nun auch deutlich, warum die Fasern sogleich nach dem Rösten, vor der weiteren Bearbeitung, besonders bei ungenügender Röste, diese Erscheinung in viel stärkerem Grade aufweisen als der gehechelte Flachs. Denn bei letzterem ist durch die mechanische Bearbeitung wenigstens ein Teil der den Fasern anhaftenden Parenchymreste entfernt. Immer bleiben aber noch Spuren dieser Rinden- und Perikambiumzellen zurück, denn die Membranreste haften der Faser ausserordentlich fest an, als wären sie an der Oberfläche gekittet.

Während ich die Verschiebungen von Höhnels in den Tausenden vorsichtig durch Rösten isolierten Fasern, welche ich zu diesem und anderen Zwecken untersuchte, fast niemals beobachtet habe, fand ich dieselben immer in Längs-

schnitten. Sehr schön und äusserst zahlreich treten die Verschiebungen auf, wenn mit einem Messer der Länge nach Einschnitte in ein Stengelstück gemacht werden und darauf die Faserschicht vom innenliegenden Teil getrennt und auf ein Objektglas ausgebreitet wird. Die Fasern am Rande der Einschnitte zeigen dann eine grosse Menge ausgeprägter Verschiebungen oft in regelmässiger Entfernung voneinander. Die äussersten, an die Schnittfläche grenzenden Fasern weisen die deutlichsten und zahlreichsten Verschiebungen auf, in grösserer Entfernung werden dieselben seltener und weniger auffallend. Bisweilen sind die Verschiebungen so gleichmässig und die von der Faserwand gebildeten Winkel so scharf, dass fast jeder Zweifel ausgeschlossen erscheint, dass es sich um Eindrücke von benachbarten Zellen handelt. Diese Verschiebungen stimmen vollkommen mit denjenigen, welche von Höhnel beschrieb und abbildete, überein. Werden nun die nämlichen Fasern, welche diese schönen Verschiebungen aufweisen, vorsichtig weiter aus der noch intakten Faserschicht isoliert, so dass auch derjenige Teil derselben, welcher nicht vom Messer berührt wurde, sichtbar wird, so ergibt sich, dass in diesem Teil der Fasern gar keine Verschiebungen vorkommen. Hiermit ist sicher gestellt, dass die Verschiebungen durch Verletzung der Fasern mit dem Messer entstehen können und ich glaube, dass sowohl von Höhnel wie Saito durch diese Erscheinung irre geführt sind. Die Verschiebungen, welche diese Forscher in Längsschnitten der Stengel beobachtet haben, sind ohne Zweifel durch das Schneiden hervorgerufen. Hiermit ist die Tatsache im Einklang, dass von Höhnel die Verschiebungen besonders in Radialschnitten fand und weniger in Tangentialschnitten. Ich selber beobachtete ebenfalls, dass die Verschiebungen viel häufiger und deutlicher auftraten, wenn ich die Einschnitte in radialer Richtung machte als wenn ich tangential schnitt. Während von Höhnel die Ursache dieser Erscheinung der radialen Spannung in der Pflanze zuschrieb und dadurch zu seiner Auffassung über das Entstehen der Verschiebungen geführt wurde, ist die Ursache indertat eine ganz andere und sehr auf der Hand liegende. Wenn der Schnitt in tangentialer Richtung durch die Faserschicht gemacht wird, ist derselbe, infolge der geringen Entfernung der Faserbündel von der Epidermis, ein sehr oberflächlicher. Die Fasern können dann dem Messer viel leichter ausweichen und leichter einer Verletzung entgehen als wenn der Schnitt radial, also auch durch den Holzkörper des Stengels geführt wird. In Stengelstücken, welche aber so lange in Wasser verweilt hatten, dass Epidermis und Rinde sehr aufgelockert waren und somit nicht mehr fest um die Faserschicht schlossen, konnte ich auch in Radialschnitten keine oder nur wenige Verschie-

bungen hervorrufen. Dagegen entstanden durch radiale Einschnitte in trocknen oder nur befeuchteten Teilen des nämlichen Stengels die Verschiebungen in grosser Anzahl.

Durch alle diese Beobachtungen dazu geführt, schliesse ich mich, was die Leinfaser betrifft, völlig der Ansicht SCHWENDENERS und WIESNERS an. Die Verschiebungen sind in der lebenden Pflanze nicht vorhanden, oder finden sich darin so selten vor, dass ihr Auftreten nicht als eine normale Erscheinung der Flachspflanze, wie VON HÖHNEL und SAITO annehmen, betrachtet werden kann. Die im bereiteten Flachs auftretenden Verschiebungen sind lediglich die Folgen der mechanischen Bearbeitung.

In den Fig. 25—30 und 32, Taf. IV habe ich einige Formen der Verschiebungen abgebildet, wie sie im Schwingflachs vorkommen. Die in den Fig. 25—29 dargestellten Biegungen, Knickungen, Sprunglinien, horizontalen Querzonen mit lokalen Anschwellungen und die aus kleinen Risslinien zusammengesetzten Kreuze, (die „plis de flexion" von VÉTILLART) sind in den bearbeiteten Fasern äusserst häufig. Alle diese Figuren zeigen dass es sich bei den Verschiebungen der Flachsfaser um mechanische Verletzungen handelt, nicht um Eindrücke, welche benachbarte Zellen infolge einer Gewebespannung in die Faser gemacht haben. Verschiebungen mit solchen scharfen Biegungsstellen wie diejenigen, welche in der bekannten Figur VON HÖHNELS abgebildet wurden und welche man sich füglich als durch den Druck der umgebenden Zellen hervorgerufen denken kann, fand ich im bereiteten Flachs nur sehr selten. In Fig. 30 und 32 habe ich solche Verschiebungen abgebildet, in weitaus den meisten Fällen sind aber die Winkel nicht so scharf. Fig. 33 zeigt eine Verschiebung, welche in einer Faser der lebenden Pflanze beim Schneiden durch Verletzung mit dem Messer entstanden ist. Dieselbe gleicht der in Fig. 30 abgebildeten Form der im bereiteten Flachs auftretenden Verschiebungen vollkommen. In Fig. 24 ist eine Faser aus dem Schwingflachs mit scheinbaren Rissen dargestellt. Indertat aber sind es der Oberfläche anhaftende Parenchymreste, wie es bei der Betrachtung der Figur aus dem ununterbrochenen Verlauf der Faserschichten hervorgeht.

Sehr deutlich treten die verschiedenen Formen der Verschiebungen bei Behandlung der Fasern mit Tinktionsmitteln oder mit Reagentien hervor. Schon VÉTILLART erwähnt diese Erscheinung, welche später von SCHWENDENER und CORRENS näher studiert wurde. In die mit den Verschiebungen meistens zugleich auftretenden Zerreissungen der Zellwandschichten dringen die Tinktionsmittel und Reagentien leichter ein und dadurch werden die verletzten

Stellen schneller und intensiver gefärbt als der übrige Faserteil. Bei Anwendung von Jod und Schwefelsäure fällt die grosse Zahl von Sprunglinien, Risse, Spalten, Querzonen und Kreuze der bearbeiteten Flachsfaser durch die intensivere Blaufärbung sehr stark in die Augen.

4. *Die chemische Beschaffenheit der Fasermembran.*

Die dünne Mittellamelle der unverholzten Fasern besteht aus Pektose. In Querschnitten, welche während einiger Zeit in einer sehr verdünnten Lösung von Rutheniumrot oder Methylenblau verweilt haben, unterscheidet die Mittellamelle sich vom übrigen Membranteil durch die dunklere rote oder blaue Farbe. Werden Querschnitte mit Jodjodkalium und verdünnter Schwefelsäure behandelt, so heben sich die ungefärbten Mittellamellen scharf von den dunkelblauen, sekundären Verdickungsschichten ab. Es ist dabei aber nötig die Schwefelsäure äusserst langsam zutreten zu lassen, weil sonst die Fasern schnell stark aufquellen und folglich die Mittellamellen unsichtbar werden. Man erhält dann gerade das umgekehrte Bild, denn an der Stelle, wo die mächtig aufgequollenen Fasern aneinander gepresst sind, erscheint die blaue Farbe dunkler als in den übrigen Partien der Membran. Es scheint dann, als ob die Fasern mit stärker gebläuten Mittellamellen aneinander schliessen.

Die sekundären Verdickungsschichten bestehen aus reiner Cellulose. Dieselben lösen sich nach starker Quellung in Kupferoxydammoniak, und es bleibt nur der gelb gefärbte Protoplasmaschlauch in der blauen, gallertartigen Masse übrig. Auch in konzentrierter und sogar in verdünnter Schwefelsäure löst sich die Faserwand vollständig.

Die schmalen, wasserreicheren und die breiten, wasserärmeren Lamellen, aus denen die sekundäre Membran zusammengesetzt ist, verhalten sich diesen beiden Reagentien gegenüber also gleich. Mit Jodjodkalium und Schwefelsäure oder Chlorzinkjod tritt der Unterschied hervor, denn die schmalen, wasserreicheren Schichten färben sich nicht oder viel weniger intensiv blau als die breiten. Ob die chemische Beschaffenheit beider vollkommen die nämliche ist und nur ein Unterschied im Wassergehalt vorliegt, oder ob zwei chemisch verschiedene Substanzen in den aufeinander gelagerten Lamellen vorkommen, ist zur Zeit noch nicht bekannt. CORRENS [1]), der sich am eingehendsten mit diesem Gegenstand beschäftigte, neigt zu der Ansicht, dass die wasserreicheren und die wasserärmeren Lamellen aus der nämlichen Substanz bestehen, welche aber in ersteren von einem anderen chemischen Stoff inkrustiert ist. Und

---

[1]) C. CORRENS, l. c. S. 307.

dasselbe gilt für die breiten, wasserärmeren und die schmalen, wasserreicheren Streifen, aus welchen jede Lamelle zusammengesetzt ist.

5. *Die Verholzung der Fasermembran.*

Eine vielfach umstrittene Frage ist die nach der Verholzung der Faser. Ehe ich die verschiedenen Ansichten und meine eigene Meinung über diesen Punkt mitteile, will ich zuvor bemerken, dass ich sowie die früheren Autoren die Faser verholzt, nenne wenn die Wand die bekannten Holzreaktionen mit Phloroglucin und Salzsäure und mit schwefelsaurem Anilin aufweist. Dies ist freilich nicht vollkommen richtig. Denn erstens gibt es Fälle, in denen entschieden nicht verholzte Gewebe die Phloroglucinprobe geben. Ausserdem aber wissen wir, dass die Substanz, welche die Reaktion verursacht, nach GRAFES [1]) Untersuchungen ohne Zweifel das Vanillin, jedenfalls eine nur in sehr geringer Quantität in verholzten Elementen vorhandene Substanz ist, während die chemische Beschaffenheit des Stoffes oder Stoffgemenges, welches die eigentliche Verholzung hervorruft zur Zeit noch nicht völlig bekannt ist. Die von SCHULZE mit dem Namen Lignin oder Lignose angedeutete Substanz, welcher früher sowohl die Verholzung wie das Auftreten der Reaktion zugeschrieben wurde, ist kein einheitlicher Körper.

Im Grunde ist es also unrichtig von einer Verholzung der Faser zu reden, wenn die Zelle nur die genannten Reaktionen aufweist. Dennoch werde ich im Anschluss an anderen Autoren diese Bezeichnung beibehalten, wenn die Faser sich mit den Holzreagentien färbt. Ich betone aber ausdrücklich, dass das Auftreten der Färbung über die Verholzung nicht völlständig Aufschluss gibt. Nur deuten die zugleich mit der Holzreaktion auftretenden Merkmale der Fasern, zumal die grössere Festigkeit darauf hin, dass es sich hier um eine wahre Verholzung handelt.

Unter den verschiedenen Autoren, welche sich über die chemische Beschaffenheit der Leinfaser aussprechen, nennen REISSEK [2]), RICHARD [3]), LECOMTE [4]), SAITO [5]) und VON HÖHNEL [6]) in der ersten Auflage seines Werkes, die Faser unverholzt. Dagegen behauptet VON HÖHNEL [7]) in der zweiten Auflage, dass die Faser stellenweise Verholzung zeige. Nach WIESNER [8]) ist die normale Lein-

---

[1]) VIKTOR GRAFE, Untersuchungen über die Holzsubstanz vom chemisch-physiologischen Standpunkte. Sitz. ber. d. K. Akad. d. Wiss. Wien, Bd. CXIII, Abt. I, 1904.

[2]) S REISSEK, l. c. S. 139.

[3]) H. RICHARD, l. c. S. 103.

[4]) H. LECOMTE, l. c. S. 80.

[5]) K. SAITO, l. c. S. 411.

[6]) FR. VON HÖHNEL, 1887, l. c. S. 34.

[7]) FR. VON HÖHNEL, l. c. S. 42.

[8]) J. WIESNER, l. c. S. 298.

faser nicht verholzt, dieselbe könne aber unter gewissen Bedingungen verholzt werden. Im Gegensatz zu den genannten Forschern fanden HAVENSTEIN [1]) und BEHRENS [2]) bei ihren Untersuchungen die Faser stets verholzt und betrachten somit die Verholzung als eine normal bei der Flachsfaser auftretende Erscheinung. Besonders HAVENSTEIN beschäftigte sich mit dem Studium der stofflichen Beschaffenheit der Leinfaser und die Veränderungen, welchen die chemische Zusammensetzung der Fasermembran im Laufe der Entwicklung der Pflanze unterliegt. Er behandelte Schnitte von Leinstengeln in verschiedenen Stadien der Entwicklung mit Jodjodkaliumlösung und verglich die in den Fasern erzeugten Farbentönen mit denjenigen des Holzes. Er fand nun, dass die jüngsten, noch nicht verdickten Fasern sich nicht oder nur schwach blau färbten, dagegen die, in welchen die Verdickung eben anfing, gelb. In den weiter vorgeschrittenen Stadien war das Gelb der Fasermembran dunkler und ging allmählich in dunkelgelbbraun über, bis nach Beendigung des Längenwachstums die Fasern dunkelbraun erschienen, und deren Mittellamellen sich durch die charakteristische dunkelbraune, ins Rote spielende Farbe des Holzes scharf abhoben. Aus diesen Beobachtungen schliesst HAVENSTEIN, dass die Fasern einem allmählichen, schon sehr frühzeitig anfangenden Verholzungsprozess unterliegen, welcher bis zum Absterben der Pflanze fortschreitet. BEHRENS fand die Angabe HAVENSTEINS über das Verhalten der Fasermembran Jodjodkalium gegenüber bestätigt und nahm dazu noch die Färbung der Mittellamelle mit Phloroglucin und Salzsäure und mit schwefelsaurem Anilin wahr. Ich habe die Versuche HAVENSTEINS mit Querschnitten von Flachsstengeln verschiedener Kulturen und in verschiedenen Entwicklungsstadien in Jodlösungen wiederholt und dazu die Phloroglucin und Salzsäurereaktion, die mit schwefelsaurem Anilin und die MÄULEsche [3]) Manganatreaktion angewandt. Letztere ist aber bei der Flachsfaser viel weniger scharf und empfindlich als die beiden erstgenannten Reaktionen. Die erhaltenen Resultate nun stimmen nicht mit denjenigen der genannten Forscher überein. HAVENSTEIN fand z. B. in Querschnitten durch die Mitte eines erwachsenen Stengels die Fasern durch Jodjodkalium dunkelgelbbraun gefärbt mit rötlichbraunen Mittellamellen. In den von mir untersuchten Stengeln zeigten sich die Fasern in der Jodlösung zwar gelb oder sogar bräunlich gelb, je nach

[1]) G. HAVENSTEIN, l. c. S. 29.

[2]) J. BEHRENS, Untersuchungen über die Gewinnung der Hanffaser durch natürliche Röstmethoden. Centralbl. f. Bact. und Parasitenkunde, Bd. 8, 2. Abt. 1902, S. 163.

[3]) C. MÄULE, Das Verhalten verholzter Membranen gegen Kaliumpermanganat, eine Holzreaktion neuer Art. FÜNFSTUCK's Beitr. zur wiss. Bot. Bd. IV, 1901, S. 166.

der Konzentration der Lösung, aber entschieden anders gefärbt als das Holz, indem gerade der das Holz kennzeichnende rötliche Farbenton auch in den Mittellamellen fehlte. In Querschnitten der nämlichen Stengelstücke wurden die Fasern nicht von den genannten Holzreagentien gefärbt, bläuten sich dagegen intensiv mit Jod und Schwefelsäure und wurden vollständig in Kupferoxydammoniak und in Schwefelsäure gelöst.

Hieraus geht hervor, dass die Fasern sogar im erwachsenen Stengel nicht verholzt sind, und dass die von einer Jodlösung hervorgerufene gelbbraune sogar dunkelbraune Färbung der Membran nicht auf Verholzung hindeutet. Nur wenn die Färbung entschieden rötlich ist, ist die Faser verholzt. Dies beweisen die einzelnen Fasern, welche sporadisch im Querschnitt vorkommen und welche sich durch die rötliche Farbe ihrer Mittellamelle oder ihrer ganzen Membran von den übrigen Fasern scharf abheben. Diese Fasern zeigen die Holzreaktionen, färben sich nicht oder nur schwach blau mit Jod und Schwefelsäure und lösen sich nicht vollständig in Kupferoxydammoniak und in Schwefelsäure. Nur diese vereinzelten oder in kleinen Gruppen vorkommenden Fasern sind verholzt. Die grosse Menge der Fasern ist unverholzt, im Gegensatz zu dem von Havenstein und Behrens erhaltenen Resultat. Die Befunde Havensteins und Behrens' sind meines Erachtens nur so zu erklären, dass diese Forscher zufälligerweise Flachs mit ausserordentlich frühzeitiger und starker Verholzung untersuchten, aber selbst in diesem Falle glaube ich, dass noch viele unverholzten Fasern vorgekommen sind, und dass Havenstein aus der in Jodjodkalium auftretenden Farbe teilweise einen unrichtigen Schluss gezogen hat. Flachs mit so stark verholzten Fasern, wie diese Forscher es beschreiben, muss wohl eine grosse Seltenheit sein. Im gewöhnlichen im Handel vorkommenden Flachs, welcher in hiesiger Gegend kultiviert wird, ist weitaus die Mehrzahl der in einer Pflanze vorkommenden Fasern unverholzt und müssen die verholzten als Ausnahme betrachtet werden. Niemals, sogar in den am stärksten verholzten Flachssorten, habe ich einen Stengel gefunden, in welchem alle oder selbst nur die meisten Fasern verholzt waren. Ich schliesse mich deshalb der Ansicht Wiesners an und betrachte die Leinfaser als eine zu den normal unverholzten Fasern gehörende, welche dennoch leicht verholzt.

Nicht nur mikrochemisch, sondern auch auf quantitaviv chemischem Wege ist die Verholzung der Leinfaser mehrere Male studiert worden. Ohne hier näher darauf einzugehen, will ich nur vollständigkeitshalber mitteilen, dass Herzog [1])

[1]) A. Herzog, l. c.

den Ligningehalt der Fasern aus verschiedenen Stengelteilen bestimmte. Er fand diesen Gehalt, auf wasserfreie Substanz bezogen, im Wurzelende 3,18 %, in den mittleren Stengelteilen 2,36 % und in den Spitzen 1,64 %. Der Ligningehalt nimmt also von der Wurzel gegen das obere Ende hin ab. Und Herzog schliesst aus diesen Resultaten, dass „der Flachs nicht in die Reihe gänzlich unverholzter Faserstoffe eingereiht werden darf". Er teilt aber nicht mit, ob nach seiner Meinung dieser Ligningehalt von der Verholzung, sei es auch eine sehr geringe, aller Fasern oder nur von einigen sporadisch auftretenden, verholzten Fasern herrührt.

Über das Auftreten der verholzten Fasern zwischen den normal unverholzten werde ich etwas ausführlicher sprechen. In welchem Grade die Verholzung auftritt, wie viele Fasern diesem Prozess unterliegen, ist sehr verschieden in verschiedener Höhe des Stengels, und in hohem Grade von den Kulturbedingungen abhängig. Nur in der unmittelbaren Nähe der Kapsel sind alle Fasern ohne Ausnahme verholzt, im Zusammenhang mit dem Fehlen des sekundären Xylems daselbst, wie dies im fünften Kapitel beschrieben wurde. In den mittleren und oberen Stengelteilen tritt die Anzahl der verholzten Fasern derjenigen der unverholzten gegenüber sehr zurück und beträgt meistens nur einige wenige auf den Hunderten im Querschnitt vorkommenden Fasern. An der Basis dagegen ist die Verholzung der Fasern viel häufiger. An dieser Stelle übertrifft bisweilen die Anzahl der verholzten Fasern diejenige der unverholzten und es kommt sogar vor, dass sich nur einige wenige unverholzten Fasern im Querschnitt vorfinden. Besonders die basalen Teile der verschiedenen Stengel einer einzigen Kultur oder verschiedener Kulturen gehen in dieser Hinsicht bedeutend auseinander. Dagegen weisen die mittleren und oberen Stengelregionen, sogar der meist verschiedenen Flachssorten, nur beziehungsweise sehr geringe Unterschiede in der Anzahl der im Querschnitt vorkommenden verholzten Fasern auf.

Bei der Vergleichung der Fasern im basalen Teil von Stengeln verschiedener Dicke ergibt sich, dass im allgemeinen innerhalb einer einzigen Kultur die dicksten Stengel relativ die grösste Anzahl verholzter Fasern besitzen. Bei verschiedenen Kulturen, welche man miteinander vergleicht, verhält sich die Sache nicht immer so. Der Flachs vom Acker in Sappemeer, dessen mediane Dicke geringer ist als die des Flachses von Usquert, unterscheidet sich von diesem gerade durch die starke und fast alle Fasern ergreifende Verholzung im basalen Stengelteil. Dieser Unterschied ist viel grösser und stärker hervortretend als der Unterschied der Faserdicke und

der Fasernzahl. Es ist besonders diese intensive Verholzung und dazu die Ungleichmässigkeit der Fasern, welche den Flachs von Sappemeer den anderen Kulturen gegenüber kennzeichnet. Höher am Stengel verschwindet dieser Unterschied und in den mittleren und oberen Regionen weist der Flachsstengel von Sappemeer keine auffallend grössere Anzahl verholzter Fasern auf als der Flachs der anderen genannten Kulturen. Es übt somit der Boden auf die Verholzung der Fasern einen sehr grossen Einfluss aus, aber dieser Einfluss ist grösstenteils auf den basalen Stengelteil beschränkt. Der Flachs vom alluvialen Lehmboden in Usquert zeigt sich ein wenig mehr verholzt als der vom fetten Boden im botanischen Garten, während der dünne Flachs vom mageren Boden daselbst auch verhältnismässig äusserst wenig verholzte Fasern besitzt.

Auch vom Standraum der Pflanze ist die Verholzung abhängig. In den dicken Stengeln der weit voneinander entfernt kultivierten Pflanzen sind fast alle Fasern im unteren Teil verholzt. Nach oben fortschreitend nimmt aber ihre Anzahl ab und der mittlere und obere Teil, selbst von Stengeln, welche einige mm dick sind, zeigen unverholzte Fasern zwischen welchen nur stellenweise einige verholzte vorkommen.

Der Grad der Verholzung der Fasern ist ein sehr verschiedener; niemals aber ist die ganze Fasermembran von der einen Spitze bis zur anderen verholzt. In der Längsansicht zeigt die Wand stellenweise verholzte Partien, welche durch unverholzte Strecken getrennt sind. In Fasern mit lokalen Erweiterungen sind besonders diejenigen Stellen, wo die Anschwellung an den nicht erweiterten Faserteil grenzt, verholzt, zumal die sich hier oft vorfindenden, später zu besprechenden Kappen. Gewöhnlich beschränkt die Verholzung sich auf die Membran der Faser, oft aber zeigt sich im Lumen derselben nach Behandlung mit Phloroglucin und Salzsäure eine Rotfärbung und man findet diese sogar in den kleineren und grösseren Räumen, welche sich zwischen den Fasern und zwischen diesen und den benachbarten Zellen vorfinden. Auch sind im basalen Stengelteil oft die Membranen der die Fasern umgebenden Zellen verholzt, als wären von den Fasern aus diese Zellen mit einer Substanz imprägniert.

In Stengeln, in denen die Grösse der Fasern an der Basis eine sehr ungleichmässige ist, sind es besonders die ausserordentlich grossen Fasern mit relativ dünner Wand und grossem Lumen, welche die Verholzung zeigen. Die kleineren Fasern mit stark verdickter Wand sind auch im basalen Stengelteil meistens unverholzt.

Die Frage, welche chemischen Veränderungen sich in der Wand der Zelle,

welche dem Verholzungsprozess unterliegt, abspielen, ist zur Zeit noch nicht gelöst.

Einige Untersucher wie SANIO [1]) und STRASBURGER [2]) denken sich die die Verholzung verursachende Substanz durch chemische Umsetzung aus Cellulose entstanden, andere wie VAN TIEGHEM [3]) und BARANETSKI [4]) dagegen als neue vom Protoplasma gebildete Stoffe, welche in die Wand eingelagert werden. Es mag dieses hier dahingestellt bleiben. Handelt es sich um eine vom Protoplasma bedingte Infiltration, so muss jedenfalls dieser Vorgang ein sehr verwickelter sein, weil die Verholzung zuerst in der am weitesten vom Protoplasma entfernten Stelle, in der Mittellamelle, auftritt. So lange aber die bei der Verholzung auftretenden Stoffe nicht völlig bekannt sind, lässt sich meines Erachtens über ihr Entstehen nichts mit Sicherheit sagen.

Bis jetzt habe ich nur über die Verholzung der in der Pflanze vorkommenden Fasern gesprochen. Vergleicht man die geschwungenen Flachsfasern mit denjenigen aus nicht verarbeiteten Stengeln der nämlichen Kultur, so findet man im Schwingflachs weniger verholzte Fasern als in den Stengeln. Dieses rührt teilweise daher, dass bei der Bearbeitung die kürzeren Fasern der basalen Teile, welche gerade am meisten verholzt sind, entfernt werden und in das Werg gelangen. Aber auch in den mittleren und oberen Partien zeigt der Reinflachs geringere Verholzung als die Fasern im Stengel. Hier ist die Ursache, dass bei der Bearbeitung der Faser die Mittellamelle, welche meistens allein oder im stärksten Grade verholzt ist, verschwunden ist. Zudem verschwindet während der Röste ein Teil der die Holzreaktion aufweisenden Substanz. Dieser Prozess geht aber sehr langsam vor sich, denn ich konnte in Stengelquerschnitten, welche während drei Monate in Wasser verweilt hatten, nach Zusatz von Phloroglucin und Salzsäure noch eine deutliche, obgleich stark abgeschwächte Rotfärbung einzelner Fasern wahrnehmen.

§ 13. **Der Inhalt der Faser.**

Die jungen, noch unverdickten Fasern eines wachsenden Stengels besitzen nur einen äusserst dünnen, protoplasmatischen Wandbeleg, in welchem sich die spindelförmigen Kerne befinden (Taf. IV, Fig. 34). An isolierten, jungen Fasern überzeugte ich mich, dass die Anzahl der Kerne in jeder

---

[1]) C. SANIO, l. c. S. 203.

[2]) ED. STRASBURGER, l. c. S. 199.

[3]) PH. VAN TIEGHEM, l c. S. 565.

[4]) J. BARANETSKI, Épaississement des parois des éléments parenchymateux. Ann. d. Sc. nat. Sér. VII, T IV, 1886, S. 178.

Faser indertat mehr als eins beträgt. Die jungen Faserzellen heben sich durch die verhältnismässig sehr grossen Vakuolen von den protoplasmareichen Rinde- und Perikambiumzellen scharf ab.

Zur Zeit als die Membranverdickung der Faser anfängt, vermehrt sich das Protoplasma ansehnlich. Zuerst erscheinen dabei die äussersten Faserzellen mit Protoplasma erfüllt, in Übereinstimmung mit der in diesen Zellen anfangenden Wandverdickung. Bald darauf treten in den Faserzellen auch kleine Stärkekörnchen auf. Bei fortschreitender Verdickung der Zellhaut wird das Protoplasma in einen stets kleiner werdenden Raum zusammengedrängt, während allmählich die Vakuole unsichtbar wird, bis schliesslich das Protoplasma nur einen sehr dünnen Schlauch im Zentrum der von einer stark verdickten Membran versehenen Zelle bildet (Taf. IV, Fig. 24—30, Taf. V, Fig. 41). Sogar in sehr spät geernteten Pflanzen ist das Lumen der Fasern noch mit Protoplasma gefüllt und in der gerösteten Faser sind die Protoplasmaresten leicht wahrzunehmen.

Während des Wachstums und der Verdickung der Membram ist stets Stärke in den Fasern vorhanden und ich fand sogar noch Stärkekörnchen in denselben im letzten Stadium der Entwicklung der Pflanze, während der Fruchtreife (Taf. V, Fig. 41, S).

In älteren Fasern mit bereits verdickter Membran zeigt das Protoplasma eine sehr eigentümliche Erscheinung, nämlich die zum ersten Male von Krabbe[1]) beschriebene Einkapselung. Die Erscheinung fängt damit an, dass das Protoplasma sich in isolierten Partien zurückzieht. Darauf kapseln diese Plasmakörper sich ein, während sie an ihrer Oberfläche eine Cellulosemembran ausscheiden, welche sich seitlich an die bestehende Wand anschliesst (Taf. III, Fig. 13). Es sind dann im Innern des Faserlumens eine oder mehrere einzelne Zellen entstanden; im letzteren Falle liegen die verschiedenen Zellen in der Längsrichtung der Faser in einiger Entfernung nebeneinander. Meistens geht die neugebildete Haut nicht völlig um den isolierten Plasmakörper herum, sondern schliesst denselben nur an den beiden Enden gegen das alte Zelllumen ab. Es finden sich dann innerhalb der Faser Querwände, welche sich seitlich an die Faserwand ansetzen und sich mehr oder weniger weit verfolgen lassen (Taf. III, Fig. 10, Taf. IV, Fig. 19 und 31). Auch kommt es vor, dass nur eine einzige derartige Querlamelle gebildet wird. Innerhalb der Faserlumens entsteht in diesem Falle keine einzelne Zelle, sondern die Faserzelle ist durch die Scheidewand nur geteilt.

---

[1]) G. Krabbe, l. c.

Bisweilen tritt bei der Einkapselung eine sehr eigentümliche Erscheinung auf, welche von Krabbe besonders bei den Fasern von *Asclepideen* und *Apocyneen* ausführlich studiert worden ist, aber auch bei *Linum* wahrgenommen wurde. Es kommt nämlich vor, dass der Plasmakörper an den beiden Enden oder an einem Ende nicht durch eine einzige Querlamelle abgegrenzt ist, sondern durch mehrere einander naheliegenden, sogenannten Kappen (Taf. V, Fig. 44). Bisweilen sind in den Zwischenräumen zwischen den Kappen Spuren von Protoplasma sichtbar.

Die beschriebenen Einkapselungen treten erst in späteren Entwicklungsstadien auf, wie auch von Krabbe angegeben wird und am zahlreichsten in den Fasern der basalen Teile, besonders sehr dicker Stengel. Ich fand in den Fasern von jüngeren Pflanzen das Protoplasma oft an einigen Stellen in isolierten Partien zusammengezogen, aber noch nicht von einer Haut umgeben oder durch Kappen abgegrenzt.

Nach Krabbe findet man die Einkapselungen in den lokalen Erweiterungen der Faser. Ich beobachtete bei der Flachsfaser aber auch sehr oft Einkapselungen an denjenigen Stellen der Faser, wo dieselbe durchaus nicht erweitert war. Es zeigen aber umgekehrt die lokalen Erweiterungen fast immer Einkapselungen des Protoplasmas.

Über die chemische Beschaffenheit der das eingekapselte Protoplasma umschliessenden Membran gehen die Ansichten auseinander. Nach Krabbe verändert die mit dem Protoplasma in Berührung stehende Cellulosehaut allmählich; dieselbe färbt sich später nach Zusatz von Jod gelb oder braun, indem bei Zusatz von Chlorzinkjod die Cellulosereaktion ausbleibt. Er schliesst hieraus, dass aller Wahrscheinlichkeit nach in die ursprünglich aus Cellulose bestehenden Wände nachträglich durch Infiltration Eiweisssubstanzen eingelagert werden. Correns[1]) teilt diese Ansicht Krabbes nicht, denn er fand, dass die abweichend reagierenden Stellen einfach verholzt waren und diese später auftretende Verholzung verdeckte die Cellulosereaktion. Meinen Beobachtungen nach schliesse ich mich völlig der Ansicht Correns' an. In späteren Entwicklungsstadien ist die Membran der Einkapselung fast immer verholzt. Bei Zusatz von Phloroglucin und Salzsäure färben die Querlamellen oder Kappen sich rot, während die Faserwand, an welche die Kappen sich ansetzen, oft ungefärbt bleibt. Man sieht dann im Innern der Faser die Holzreaktion, während im gewöhnlichen Fall die Verholzung gerade am stärksten an der Aussenseite der Faserwand, in der Mittellamelle und in den äusseren Schichten, auftritt.

---

[1]) C. Correns, Ueber die vegetabilische Zellmembran. Jahrb. f. Wiss. Bot. Bd. 26, 1894, S. 637.

§ 14. Das Längenwachstum der Faser.

Schon öfters hat man dem Wachstum der Zellen, welche sich durch ihre grössere Länge vom umgebenden Gewebe unterscheiden, Aufmerksamkeit gewidmet. Von verschiedenen Forschern, wie Schacht [1]), Schleiden [2]), Hofmeister [3]) und Haberlandt [4]) ist die Vermutung ausgesprochen, dass die bedeutende Länge der Bastfasern auf ein unabhängiges Eigenwachstum derselben zurückzuführen sei. Sanio [5]) zuerst und später Krabbe [6]) haben diesen Gegenstand für sekundäre Gewebe ausführlich untersucht und sich mit der Frage beschäftigt in welcher Weise die aus den gleich langen Kambiumzellen hervorgegangenen Holz- und Phloëmelemente nachher so grosse Längenunterschiede aufweisen können. Letztere Autoren erklären diese Erscheinung durch das Auftreten des sogenannten gleitenden Wachstums, das ist ein Vorgang, bei welchem einzelne Zellen ein selbständiges Wachstum besitzen. Dabei wachsen diese Zellen an anderen benachbarten vorbei und drängen mit ihren oberen Spitzen in höher, mit ihren unteren Spitzen in niedriger liegende Teile zwischen nebeneinander liegenden Zellen ein. Demzufolge wird die Anzahl der in einem Querschnitt vorkommenden Zellen vermehrt und die ursprünglich radiale Anordnung zerstört. Krabbe nun führt in seiner ausführlichen Abhandlung zugleich mit den aus dem Kambium hervorgegangenen, sekundären Holz- und Phloëmelementen anderer Pflanzen auch die Faser des Leins als einen Fall an, in welchem die ausserordentliche Länge der Zelle durch gleitendes Wachstum erhalten wird. Ich glaube hieraus schliessen zu müssen, dass Krabbe, wie viele andere Botaniker, die Flachsfasern als sekundär vom Kambium gebildete Elemente betrachtet und auf dieser Ansicht stützt sich die weit verbreitete Meinung, dass bei der Ausbildung dieser Fasern gleitendes Wachstum stattfinde. Denn wären die Fasern sekundären Ursprungs, so würde ein gleitendes Wachstum zur Erklärung ihrer ausserordentlichen Länge indertat unbedingt notwendig sein.

Es liegt die Sache beim Lein aber anders. Die Fasern gehen nicht mit benachbarten Zellen aus gleich langen Kambiumzellen hervor, sondern

---

[1]) H. Schacht, Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Gewächse. I, 1856, S. 250.

[2]) M. J. Schleiden, Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik. 1861, S. 191.

[3]) Wilh. Hofmeister, Die Lehre von der Pflanzenzelle. I, 1867, S. 162.

[4]) G. Haberlandt, Die Entwicklungsgeschichte des mechanischen Gewebesystems. 1879, S. 49.

[5]) C. Sanio, Vergleichende Untersuchungen über die Elementarorgane des Holzkörpers. Bot. Zeit. Bd. 21, 1863, S. 108 und: Anatomie der gemeinen Kiefer (*Pinus silvestris* L.). Nachschrift, Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 9, 1873, S. 123.

[6]) G. Krabbe, Das gleitende Wachsthum bei der Gewebebildung der Gefässpflanzen. 1886.

entstehen primär im Vegetationskegel. Dass die Fasern viel länger sind als die benachbarten Zellen beweist also in diesem Falle keineswegs das Vorkommen eines gleitenden Wachstums. Es ist dieser Unterschied zwischen verschiedenen Zellen, welche aus einem Vegetationspunkte hervorgehen, auch ohne die Annahme eines gleitenden Wachstums, eine durchaus natürliche Sache, wie ich übrigens unten noch dartun werde.

Wenn nun aber auch auf diese Weise die Notwendigkeit der Annahme eines gleitenden Wachstums für die Fasern, auf den von früheren Schriftstellern angegebenen Gründen hinwegfällt, so wäre es dennoch, davon abgesehen, recht gut denkbar, dass ein gleitendes Wachstum der Faserzellen stattfände, und es lohnt sich dieses etwas genauer zu untersuchen. Falls bei der Leinfaser indertat gleitendes Wachstum auftritt, muss die ursprüngliche Anzahl der im Vegetationskegel in einem Querschnitt angelegten Fasern vermehrt werden, weil von oben und unten her die Spitzen anderer Fasern zwischen die vorhandenen hineinwachsen. Wenn dem so ist, so muss in einem wachsenden Stengel mit grösserer Entfernung von der Spitze des Vegetationskegels die Anzahl der in einem Querschnitt vorkommenden Fasern zunehmen, denn je weiter man sich von der Stelle, wo die Fasern gebildet werden und die ursprüngliche Anzahl im Querschnitt vorkommt, entfernt, um so mehr wird durch Hineinwachsen anderer die Anzahl vermehrt, bis in einer gewissen Entfernung vom Vegetationspunkte das gleitende Wachstum aufhört und mit diesem auch die Vermehrung der Fasernzahl.

Um zu untersuchen wie die Leinpflanze sich in dieser Hinsicht verhält, zählte ich die Fasern in Querschnitten in verschiedener, aufeinanderfolgender Entfernung vom Wachstumsscheitel. Dies bietet einige Schwierigkeit, denn die Fasern des oberen Teils eines wachsenden Stengels sind noch unverdickt und demzufolge in Querschnitten schwer von den umgebenden Stärkescheide- und Perikambiumzellen zu unterscheiden und es erheischt einige Sorgfalt Präparate zu bekommen, in denen die Fasern gezählt werden können. Nur beim Gebrauch von Material aus 1 °/₀ Chromsäure gelang mir dies. Die Schnitte mussten äusserst genau senkrecht zur Achse des Stengels geführt werden und weder zu dünn noch zu dick sein. Ich untersuchte dieselben in Jodjodkalium; dadurch wurden die stärkehaltigen Zellen der Stärkescheide und des Perikambiums deutlicher sichtbar und wenn dabei mittels der Irisblende die Beleuchtung richtig reguliert wurde, hoben sich die Faserzellen genügend deutlich ab. Ich untersuchte junge Stengel von etwa 7 bis 15 cm Länge, in welchen also nur noch der untere Teil des erwachsenen Stengels vorhanden war. Es ergab sich nun, dass mit grösserer

Entfernung von der Vegetationsspitze gar keine Zunahme der Fasernzahl einherging. Im Gegenteil, der dieser Spitze am nächsten liegende Querschnitt, in welchem ich die Fasern zählen konnte, d. h. etwa in einer Entfernung von 5—8 mm von derselben, zeigte immer die grösste Anzahl der Fasern. In grösserer Entfernung vom Wachstumsscheitel nahm die Anzahl fortwährend ab. Die folgenden Beispiele mögen dies erläutern.

Tabelle 50.

Stengellänge 8 cm.		Stengellänge 6,5 cm.		Stengellänge 11,5 cm.	
Entfernung von der Spitze des Vegetationskegels.	Anzahl der Fasern.	Entfernung von der Spitze des Vegetationskegels.	Anzahl der Fasern.	Entfernung von der Spitze des Vegetationskegels.	Anzahl der Fasern.
1 cm	750	7 mm	550	5 mm	700
2 „	600	1,1 cm	500	1 cm	500
3 1/2 „	500	2 „	400	2 „	425
4 1/2 „	400	4 „	300	8 „	255
5 1/2 „	300				

Diese Zahlen zeigen, dass weiter von der Spitze des Vegetationskegels entfernt eine geringere Anzahl von Fasern vorhanden ist und hieraus folgt, dass sollte auch gleitendes Wachstum bei den Fasern vorkommen, dieser Vorgang jedenfalls nicht in so starkem Grade stattfindet, dass dadurch die Fasernzahl bedeutend abgeändert wird. Die verschiedene Anzahl der Fasern, welche der erwachsene, untere Stengelteil in verschiedener Höhe aufweist, ist also die Folge der verschiedenen Bildungstätigkeit des Vegetationskegels in verschiedenen Stadien und wird nicht durch gleitendes Wachstum der Fasern verursacht.

Für den oberen Teil des Stengels fehlt der direkte Beweis, dass kein gleitendes Wachstum stattfindet. Hier nimmt die Anzahl der Fasern mit grösserer Entfernung von der Spitze des Vegetationskegels zu, und dieses kann ebensogut eine Folge eines gleitenden Wachstums sein als von einer verschiedenen Bildungstätigkeit des Vegetationskegels. Indem es aber bewiesen ist, dass im unteren Stengelteil kein bedeutendes gleitendes Wachstum stattfindet und der Vegetationskegel in verschiedener Höhe eine verschiedene

Anzahl von Fasern bildet, liegt es auf der Hand anzunehmen, dass auch im oberen Stengelteil die verschiedene Anzahl der Fasern vom Vegetationskegel bedingt wird und dass dort kein gleitendes Wachstum, wenigstens in einigermassen bedeutendem Grade stattfindet.

Ein zweiter Beweis, dass das gleitende Wachstum jedenfalls kein sehr bedeutender Faktor beim Längenwachstum der Flachsfaser sein kann, ist folgender. Weil durch gleitendes Wachstum die ursprüngliche Anzahl der Fasern vermehrt wird, müssen erwachsene Stengel, in welchen dieser Vorgang stattgefunden hat, im allgemeinen grössere Fasernzahlen aufweisen als diejenigen Teile des Vegetationskegels, wo die Anzahl der Fasern noch nicht durch das Hineinwachsen anderer Fasern vermehrt ist. Ich fand nun, dass die Anzahl der Fasern im Vegetationskegel sich nicht merkbar unterscheidet von derjenigen in erwachsenen Stengeln. Stengel von 7—20 cm Länge zeigten im Querschnitt ihrer Wachstumsscheitel die folgenden Fasernzahlen; 500, 550, 600, 650, 750, 1000, also Anzahlen, welche auch im unteren und mittleren Teil erwachsener Stengel vorkommen. Zudem war die Anzahl der Fasern in Vegetationskegeln sehr junger Stengelchen geringer als in denjenigen älterer, in Übereinstimmung mit dem, was der erwachsene Stengel an verschiedenen Stellen zeigt.

Aus alle dem geht hervor, dass das gleitende Wachstum jedenfalls keine überwiegende Rolle bei der Ausbildung der Leinfaser spielt, obgleich es begreiflicherweise durchaus nicht ausgeschlossen ist, dass einzelne Fasern durch gleitendes Wachstum ihre Länge vergrössern und eine geringe Zunahme der Fasernzahl im Querschnitt verursachen. Im allgemeinen aber erhält die Faser ihre ausserordentliche Länge nicht mittels dieses Wachstumsvorganges.

Nun ist aber, wie ich oben schon hervorhob, die verschiedene Länge benachbarter, aus einem Vegetationspunkt beim Längenwachstum hervorgegangener Zellen auch ohne gleitendes Wachstum folgenderweise vollkommen zu erklären. Während im Meristem des Vegetationskegels einzelne Zellen sich fortwährend teilen und strecken und die in einer Längsreihe entstandenen Zellen eine gewisse Länge nicht überschreiten, tritt in den zu Fasern werdenden Zellen keine Zellteilung auf, indem dieselben sich bloss strecken. So lange diese letzteren Zellen noch ganz innerhalb der sich streckenden Zone liegen, welche bei der Flachspflanze 4 bis 5 cm lang ist, können dieselben sich über ihre ganze Länge ausdehnen. Wird aber die Zelle immer länger, so kommt ein Augenblick, in dem der untere Teil in einer Zone liegt, wo das Längenwachstum aufgehört hat, der obere Teil sich dagegen noch in der sich streckenden

Zone befindet. Das Längenwachstum der Zelle beschränkt sich dann auf diesen oberen Teil. Die Zelle fährt aber immer fort sich zu verlängern und theoretisch kann dieses Wachstum ebensolange fortdauern als das Längenwachstum der Pflanze. Dieses ist aber nicht der Fall bei der Flachsfaser; dieselbe wird höchstens 12 cm lang und eine neue Faserzelle vertritt im Vegetationskegel die Stelle der älteren. Das Längenwachstum dieser Faser hört also nach einiger Zeit nach und nach auf und die obere Spitze der Faser entfernt sich dabei immer mehr vom Vegetationskegel; der noch wachsende Teil der Faser wird immer kleiner, und endlich gehört die ganze Faser zum Stengelteil mit vollendetem Längenwachstum und dann ist auch das Wachstum der Faser beendigt.

Die Faserzelle zeigt also während einiger Zeit, so lange dieselbe noch im wachsenden Stengelteil liegt, in Übereinstimmung mit der Wachstumsperiode dieses Teils, ungleich starkes Wachstum an verschiedenen Stellen und später, wenn sich das Wachstum auf einen Teil der Faser beschränkt, tritt in derselben lokalisiertes Wachstum auf. Die einzelnen Faserzellen zeigen also während ihrer Entwicklung zu gleicher Zeit in ihren verschiedenen Teilen alle Phasen der grossen Periode des Wachstums. In diesen Zellen wenigstens kann somit diese Periode nicht durch Turgorunterschiede verursacht sein.

Bekanntlich zeigen einige einzelligen Organismen wie *Caulerpa* und weiter Zellen mit freiem Ende wie die Wurzelhaare und die Rhizoidenzellen gelegentlich lokalisiertes Wachstum. So viel ich weiss, ist dieser Wachstumsvorgang bei Zellen eines Gewebes nur für die Milchröhren konstatiert worden.

§ 15. Das Dickenwachstum der Faser.

Die im Vegetationskegel entstandene Faserzelle mit geringem Querdurchmesser wächst später zu einer Faser von viel ansehnlicher Dicke heran und kann sogar eine Dicke von mehr als 200 μ erreichen. Um zu untersuchen in welcher Weise der Durchmesser der Faser während der Vegetationsperiode zunimmt, habe ich die Fasern in Querschnitten von Pflanzen verschiedenen Alters gemessen. Ich wählte dazu an verschiedenen Zeitpunkten, vom Stadium, in dem die Pflänzchen eben ihre Kotyledonen entfaltet hatten an bis zur anfangenden Reife der Kapseln einige mittellangen und mitteldicken Pflanzen aus und machte von jedem Stengel Querschnitte ein wenig oberhalb des Kotyledonenansatzes. Die Messungen ergaben für den durchschnittlichen Faserdurchmesser das Folgende.

Tabelle 51.

1904, Datum.	Stengellänge.	Stengeldicke.	Mittlerer Faserdurchmesser.
7. Mai.	1 mm	0,53 mm	11,6 μ
13. „	8 „	0,64 „	14,7 „
18. „	4 cm	0,66 „	16,5 „
31. „	20 „	0,79 „	20,1 „
6. Juni.	40 „	0,87 „	22,6 „
10. „	50 „	0,90 „	24,1 „
16. „	67 „	0,92 „	25,7 „
21. „	72 „	0,95 „	27,2 „
4. Juli.	75 „	0,98 „	28,1 „
14. „	77 „	1,04 „	30,3 „
21. „	77 „	1,06 „	32,0 „

Hieraus ergibt sich, dass der Durchmesser der Faser während der ganzen Zeitdauer vom 7. Mai bis zum 21. Juli fortwährend zunimmt. Das Wachstum dieser Dimension dauert somit viel länger als das Längenwachstum; noch sehr lange nachdem die Längsstreckung eines Stengelteils aufgehört hat, nimmt der Durchmesser der dort vorhandenen Fasern zu. Diese Zunahme geht in den verschiedenen Stadien der Ausbildung der Pflanze ungleich schnell vor sich. Im Anfang der Entwicklung vom 7. Mai bis 6. Juni, also in einem Monat, nimmt der Durchmesser um 11 μ zu, später in ungefähr der nämlichen Zeit vom 18. Mai bis 16. Juni um 9,2 μ, während am Ende der Vegetationsperiode vom 21. Juni bis zum 21. Juli die Zunahme nur 4,8 μ beträgt. Der Durchmesser wächst somit anfangs am schnellsten und darauf wird die Zunahme stets langsamer, bis zur Zeit wenn die Kapseln sich zu bräunen anfangen kein Wachstum des Faserdurchmessers mehr stattfindet.

Nach Havenstein [1]) hört dieses Wachstum schon früher, vor dem Abblühen der Pflanzen, auf. Dieser Forscher, der sich mit der Frage beschäftigte welchen Einfluss die verschiedene Erntezeit auf mehrere Merkmale des Flachsstengels ausübt, untersuchte dabei auch den Durchmesser der Faser. Er erntete die Flachspflanzen an drei verschiedenen Zeitpunkten: 1. am 4. Juli, unmittelbar nach dem Abblühen, 2. am 17. Juli, als die Blätter etwa bis zur halben Höhe des Stengels abgefallen waren und die voll ausgebildeten

[1]) G. Havenstein, l. c.

Knoten eine blassgrüne, schwach ins Gelbliche spielende Farbe zeigten und 3. am 23. Juli, bei eingetretener Vollreife. Er konnte bei den Pflanzen dieser drei Ernten keinen Unterschied des Faserdurchmessers wahrnehmen, während der Stengeldurchmesser in der Zeit von der ersten bis zur zweiten Ernte zugenommen hatte, aber in der Zeit von der zweiten bis zur dritten Ernte nicht mehr. Nach HAVENSTEIN ist also das Wachstum der Faser früher beendigt als das Dickenwachstum des Stengels. Er gibt aber nicht an, wann die Zunahme des Faserdurchmessers aufhört, bloss dass dies vor dem Abblühen der Pflanzen am 4. Juli geschieht, während ich noch Wachstum der Faser bis zur anfangenden Samenreife konstatieren konnte.

Im sehr jungen Stadium der Faserzelle findet das Wachstum des Durchmessers gleichmässig nach allen Richtungen statt, später aber werden die Fasern an denjenigen Stellen, wo der sekundäre Zuwachs bedeutend ist, oft in radialer Richtung zusammengepresst und erhalten dadurch einen in tangentialer Richtung langgestreckten Querdurchmesser (Taf. V, Fig. 42).

§ 16. **Das Dickenwachstum der Fasermembran.**

Schon in einem sehr frühen Stadium der Entwicklung, wenn der sekundäre Zuwachs noch sehr gering ist, fängt die Verdickung der Wand der Faserzellen an. In der wachsenden Pflanze finden sich in einer Entfernung von etwa 3—8 cm von der Spitze des Vegetationskegels bereits die ersten Spuren dieser Erscheinung. Bei sehr jungen Pflänzchen, also an der Basis des Stengels, tritt die Verdickung viel früher auf als bei älteren, bei denen der Stengel schon eine grössere Länge erreicht hat und der mittlere und der obere Teil desselben ausgebildet werden. Bei Pflanzen von 5 cm Länge fand ich schon deutlich verdickte Fasern 2,8 cm unterhalb des Wachstumsscheitels, bei Pflanzen von 20—30 cm Länge 6—8 cm von diesem Punkt entfernt. Es zeigen aber die verschiedenen Stengel auch in dieser Hinsicht geringe individuelle Unterschiede.

Die Tatsache, dass die Wandverdickung der Fasern im basalen Teil des Stengels so bald nach ihrer Anlage im Vegetationskegel stattfindet, lässt sich biologisch wohl verstehen. Denn es ist dringend notwendig, dass die Basis einer so schnell wachsenden Pflanze möglichst bald eine genügende Festigkeit erhält. In einem späteren Stadium der Entwicklung aber strebt die Pflanze in erster Linie danach eine grosse Länge zu erreichen. Die Wachstumsgeschwindigkeit ist dann sehr gross und die dann gebildeten Fasern befinden sich nach kurzer Zeit in bedeutender Entfernung vom Wachstumsschei-

tel und wenn in denselben die Verdickungsschichten sich zu bilden anfangen, ist oberhalb dieser Stelle bereits ein ansehnliches Stengelstück aus dem Vegetationskegel hervorgegangen.

An der Basis tritt die Wandverdickung, durch welche die Fasern sich von den benachbarten, dünnwandigen Stärkescheide- und Perikambiumzellen unterscheiden, sogar schon während des Längenwachstums auf. Hier nimmt also die Länge der bereits verdickten Fasern noch zu. Und oben sahen wir, dass der Durchmesser während sehr langer Zeit wächst, es wird somit auch die Querdimension der Fasern, ungeachtet der Verdickung ihrer Wand, noch vergrössert. Bei älteren Pflanzen, das heisst höher am Stengel, hat beim Anfang der Membranverdickung das Längenwachstum schon aufgehört. An dieser Stelle wächst bei verdickten Fasern die Länge nicht, bloss der Durchmesser.

Diese Beobachtungen lehren, dass es sich bei der Leinfaser um einen Fall handelt, in dem eine Zelle, deren Wand schon verdickt ist, noch fortfährt sich in allen Richtungen oder nur in der Querrichtung zu vergrössern, in welchem also Flächenwachstum und Dickenwachstum der Membran zum Teil zu gleicher Zeit stattfinden.

Diese Erscheinung stimmt nicht mit unserer gewöhnlichen Vorstellung des Wachstums der dickwandigen Zelle überein. Im allgemeinen erreicht die Zelle zuerst ihre bestimmte Grösse und dann, nach Vollendung des Flächenwachstums, tritt die Membranverdickung auf. Es ist mir nur ein einziges anderes Beispiel davon bekannt, dass, bedeutender Wandverdickung ungeachtet, noch Flächenwachstum stattfindet. Das ist in den lokalen Erweiterungen der Bastzellen der *Apocyneen* und *Asclepiadeen*.

Nach Krabbe[1]), der diese Erscheinung zuerst beobachtete, beschränkt das Flächenwachstum der bereits verdickten Membran sich bei diesen Fasern aber auf die Erweiterungen, denn an anderer Stelle teilt er mit, dass die Fasern keine Umfangszunahme zeigen, während die Membranverdickung vor sich geht.

In welcher Weise wir uns das gleichzeitige Flächenwachstum und Dickenwachstum der Wand der Leinfaser denken müssen, darüber kann die blosse Beobachtung dieser Tatsache nichts lehren. Sowohl durch Intussusception wie durch Apposition ist es möglich sich zu denken, dass das Flächenwachstum bereits verdickter Zellmembranen stattfindet.

Die Dickenzunahme der Faserwand dauert ungefähr ebensolange wie

---

[1]) G. Krabbe, l. c. S 363 und 401.

das Wachstum des Durchmessers, beide fast bis zum Ende der Vegetationsperiode. Denn wäre dies nicht der Fall und hörte die Wandverdickung auf, während der Durchmesser der Faser sich zu vergrössern fortfährt, so müssten im allgemeinen die grösseren Fasern der älteren Stengel eine relativ dünnere Wand und grösseres Lumen aufweisen als die noch kleineren der jüngeren Stengel an den übereinstimmenden Stellen. Es stimmt dies aber nicht mit den Beobachtungen überein.

Obgleich das Wachstum des Durchmessers und die Verdickung der Membran zu gleicher Zeit stattfinden, halten beide Erscheinungen keinen gleichen Schritt. Die Dicke der Zellwand nimmt relativ gewöhnlich schneller zu als der Durchmesser, denn es wird im normalen Fall beim grösser werden des letzteren das Lumen der Zelle stets kleiner und nicht grösser, wie der Fall sein würde, wenn Durchmesser und Wanddicke verhältnismässig gleich schnell zunähmen.

Nur in abnormal grossen Fasern, wie sie sich an der Basis der Pflanze bisweilen finden, ist die Wandverdickung viel geringer und demzufolge zeigen diese Fasern ein sehr grosses Lumen, viel grösser als der Durchmesser der Faserzelle zur Zeit als die Verdickung anfängt (Taf. V, Fig. 38 und 43).

Weiter fragt es sich, ob die Faserzelle sich zu gleicher Zeit über ihre ganze Länge zu verdicken anfängt. Um das zu entscheiden habe ich Querschnittserien gemacht von derjenigen Höhe des Stengels an, wo wenigsten einige Fasern eine deutliche Verdickung zeigten bis hinauf zur Stelle, wo die Faserzellen sich nicht durch Wandverdickung von den Parenchymzellen des Perikambiums und der Rinde unterschieden. Solche Serien lehren, dass die Verdickung der Faser an der unteren Spitze derselben anfängt. So bald diese zu einer bestimmten Entfernung vom Wachstumsscheitel fortgeschritten ist, beginnt sich dort eine Verdickungslamelle an die Zellmembran abzulagern. Je nachdem nun der Stengel wächst und die untere Faserspitze sich vom Vegetationskegel entfernt, breitet die Verdickung sich über einen grösseren Teil der Faserwand aus, bis schliesslich die obere Spitze erreicht wird. Die ganze Faser liegt dann unterhalb der Zone, wo die Verdickung zuerst auftritt. Während der Entwicklung der Faserzelle gibt es also ein Stadium, in welchem die Verdickung der Membran sich auf einen Teil der Zelle beschränkt. Zudem nimmt zu dieser Zeit die Stärke der Verdickungsschicht nach oben zu allmählich ab. In einer Serie von Querschnitten lässt sich diese Abnahme der Dicke der Lamelle, von unten nach oben fortschreitend, bis zum Verschwinden derselben verfolgen. Die Faserzelle zeigt somit nicht nur, wie wir

oben sahen, während einiger Zeit lokalisiertes Längenwachstum, sondern ebenfalls lokalisierte Wandverdickung.

Lokalisierte Verdickung der Zellhaut ist nun zwar eine häufig vorkommende Erscheinung, wie z. B. bei der Ausbildung der Ring-, Spiral- und Netzzeichnungen. Dieselbe tritt aber bei der Flachsfaser in einer ganz besonderen Form auf.

Die Verdickung tritt nicht zu gleicher Zeit in allen Fasern, welche in einem Querschnitt des Stengels liegen, auf. Zuerst werden die äussersten, an der Stärkescheide grenzenden Fasern verdickt und darauf schreitet die Verdickung von aussen nach innen die übrigen Fasern ergreifend fort, so dass nicht lange nach dem ersten Auftreten einer Wandverdickung alle Fasern diese Erscheinung zeigen. In Fig. 35, Taf. IV habe ich einen Teil eines Querschnittes eines jungen Stengelchens abgebildet. In dieser Figur ist die Wand der an die Stärkescheide grenzenden Fasern, vF, schon deutlich verdickt, die übrigen Faserzellen, uF, zeigen noch keine Spur davon.

§ 17. Der Verholzungsprozess und die Beziehung der Verholzung zum Wachstum der Faser.

Um den Verholzungsprozess des Fasersystems im Laufe der Entwicklung und die Beziehung der Verholzung zum Wachstum der Zelle zu studieren, untersuchte ich mit der Phloroglucin und Salzsäurereaktion Querschnitte von Stengeln verschiedenen Alters und in verschiedener Höhe derselben. In diesen Querschnitten sind die verschiedenen Stadien der Verholzung leicht wahrzunehmen.

Meistens fängt die Verholzung in der Mittellamelle an. Dieses ist begreiflich, denn die Festigkeit der Zelle wird mehr gefördert, wenn die äusserste Schicht zuerst eine Aufsteifung erlangt, als wenn dieser Vorgang zuerst mehr nach dem Zentrum stattfindet. In Fasern, welche eben zu verholzen anfangen, heben sich die Mittellamellen oder ein Teil derselben als schmale, rote Linien von der ungefärbten, sekundären Membran ab, nur selten zeigt bei geringer Verholzung die ganze Fasermembran einen schwachroten Anflug, ohne dass die Mittellamelle sich durch eine intensivere Färbung unterscheidet. Nachdem die Verholzung der Mittellamelle angefangen hat, ergreift dieser Prozess in zentripetaler Richtung die sekundären Verdickungsschichten. Das geht daraus hervor, dass oft die äusseren Lamellen verholzt sind, während sich die inneren noch unverholzt oder nur schwach verholzt erweisen. Im letzteren Fall nimmt

die Intensität der Rotfärbung von der Mittellamelle nach innen zu allmählich ab und zeigen die inneren Schichten nur einen schwach rosenroten Farbenton. Bei starker Verholzung aber ist die ganze Faserwand gleichmässig rot gefärbt.

Was das Auftreten und Fortschreiten des Verholzungsprozesses im Laufe der Entwicklung der Pflanze betrifft, darüber lehren meine Beobachtungen folgendes. Pflänzchen von etwa 5 bis 6 cm Länge zeigen die ersten Spuren der Faserverholzung, welches sich durch eine sehr schwache Rotfärbung der Mittellamelle einer einzigen oder ganz weniger Fasern in einem Querschnitt, in der Nähe des Kotyledonenansatzes geführt, kund gibt; wenige mm oberhalb dieser Stelle ist aber keine Rotfärbung der Faser wahrzunehmen. In vielen folgenden Stadien der Entwicklung der Pflanzen bleibt die Verholzung äusserst gering, und es finden sich in 20 bis 30 cm langen Stengeln, die wenigen an der Basis ausgenommen, keine verholzten Fasern. Selbst in blühenden Pflanzen zeigen sich an der Basis nur spärliche verholzte Fasern, während die Verholzung sich zudem meistens auf die Mittellamelle beschränkt. Während und nach der Fruchtreife wird aber die Verholzung bedeutender; es fangen dann die Unterschiede in den basalen Teilen der Stengel verschiedener Dicke und verschiedener Kultur hervorzutreten an. Auch in den höheren Regionen des Stengels zeigen sich dann vereinzelte verholzte Fasern oder kleine verholzte Fasergruppen, aber wie gesagt bleibt deren Anzahl stets gering und ist nur die Verholzung im basalen Teil von einiger Bedeutung. Allmählich wird dann die Verholzung an dieser Stelle stärker und ergreift nicht nur immer mehr Fasern, sondern auch die Verholzung jeder einzelnen Faser wird intensiver. Es bleiben aber selbst in sehr dicken Stengeln oder in den Stengeln vom Acker in Sappemeer, auch wenn die Ernte lange Zeit nach der Vollreife stattfand, immer noch unverholzte Fasern im Querschnitt des basalen Teils übrig.

Wir sehen also, dass der Verholzungsprozess mit dem Alter der Pflanze allmählich fortschreitet, wie es auch richtig von Havenstein [1]) beschrieben wird. Während aber Havenstein die Verholzung als eine normale, alle Fasern der Pflanze umfassende Erscheinung betrachtet, zeigt sich nach meinen Untersuchungen, selbst bei sehr spät geernteten Pflanzen, die Verholzung immer nur in relativ sehr wenigen Fasern des ganzen Stengels, und ist die insbesondere auf den unteren Stengelteil beschränkte Verholzung in hohem Grade von äusseren Bedingungen abhängig.

Aus der Tatsache, dass die Fasern eines sehr jungen Stengelchens schon verholzt sein können, geht hervor, dass die Wand der verholzten

---

[1]) G. Havenstein, l. c.

Faser noch wachsen kann. Denn, wie wir oben sahen, nimmt der Durchmesser fast bis zum Ende der Vegetationsperiode zu und es kann der Durchmesser einer Faser, deren Verholzung schon in einem so frühen Stadium angefangen hat, noch um einige Male vergrössert werden. Dazu nimmt auch die Dicke der Membran zu. Die Wand der Faser zeigt somit, der Verholzung ungeachtet, noch bedeutendes Flächenwachstum und Dickenwachstum. In dieser Hinsicht unterscheidet die Wand der Leinfaser sich von anderen verholzten Membranen.

Nach PFEFFER [1]) ist bis jetzt kein Beispiel des Flächenwachstums verholzter Zellhäute bekannt, obgleich dieser Autor die Möglichkeit nicht in Abrede stellt. SCHELLENBERG [2]) machte ein absichtliches Studium der Beziehungen zwischen der Verholzung und dem Wachstum der Zellmembran bei den verschiedensten verholzten Elementen vieler Pflanzen. Dieses Studium ergab als allgemein geltende Regel, dass eine verholzte Membran kein Flächenwachstum und höchstwahrscheinlich auch kein Dickenwachstum mehr zeigt; sobald der Prozess der Verholzung eintritt, verliert die Zellhaut ihre Wachstumsfähigkeit. Aus seinen Untersuchungen schliesst SCHELLENBERG, dass die Bedeutung der Verholzung keine mechanische ist, sondern eine das Wachstum der Zelle hemmende.

Über die Leinfaser teilt er mit, [3]) dass dieselbe sehr spät verholzt, ein Resultat, welches durch meine Untersuchungen genügend widerlegt ist. SAITO [4]) findet die Auffassung SCHELLENBERGS, dass verholzte Membranen nicht wachstumsfähig mehr sind, bei mehreren Bastfasern bestätigt. Weil aber nach SAITO die Leinfaser unverholzt ist, hat er diesen Gegenstand speziell für die Flachsfaser nicht untersucht. Er pflichtet aber der Meinung SCHELLENBERGS, dass die Verholzung eine wachstumhemmende Einrichtung der Zelle sei, nicht bei. Auch ohne die Beziehungen zwischen Verholzung und Wachstum, wie sie die Leinfaser aufweist, zu kennen, muss die SCHELLENBERGsche Theorie aber als sehr spekulativ und unbegründet erscheinen, wie auch bereits von NATHANSON [5]) in seinen Untersuchungen über das Wachstum der trachealen Elemente betont wurde. Dieselbe verliert aber jetzt jeden Grund. Ich nehme wie die meisten Forscher an, dass die Bedeutung der Verholzung eine mechanische ist. Nun liegt es im allgemeinen unzweifelhaft am meisten auf

---

[1]) W. PFEFFER, Pflanzenphysiologie. II, S. 37.

[2]) H. SCHELLENBERG, Beiträge zur Kenntniss der verholzten Zellmembran. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 29, 1896, S. 237.

[3]) H. SCHELLENBERG, l. c. S. 250. [4]) K. SAITO, l. c. S. 437.

[5]) A. NATHANSON, Beiträge zur Kenntniss des Wachstums der trachealen Elemente. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 32, 1898, S. 671.

der Hand, dass eine Zelle erst nachdem sie ihre definitive Grösse erreicht hat, durch Verholzung eine grössere Festigkeit erlangt. Aber dennoch ist der Vorgang, wie er bei der Leinfaser stattfindet, durchaus nicht unerklärlich. Im Grunde ist es gar nicht befremdend, dass eine noch nicht erwachsene Zelle verholzt, denn es kann sich das Bedürfnis grösserer Festigkeit sehr früh fühlbar machen, wie es an der Basis der Flachspflanze der Fall ist. Und anderseits ist die Weise, wie das Wachstum einer Membran vor sich geht, noch so unvollständig bekannt, dass man sich diesen Prozess ebensoleicht oder ebensoschwer bei einer verholzten wie bei einer unverholzten Zellhaut vorstellen kann.

§ 18. **Zusammenfassung der Ergebnisse dieses Kapitels.**

Zum Schlusse werde ich hier eine Übersicht der wichtigsten Ergebnisse meines Studiums der Leinfaser geben.

1. Die Fasern entstehen primär im Perikambium.
2. Die Faser ist eine einzige Zelle und keine Zellfusion.
3. Die Fasern bilden zusammen einen zwischen der Rinde und dem Phloëm liegenden hohlen Zylinder. Dieser besteht aus einem einzigen Kreise von in der Längsrichtung verlaufenden Faserbündeln, welche durch Parenchymzellen getrennt sind, aber miteinander anastomosieren. Die Spitzen der im Bündel nebeneinander liegenden Fasern befinden sich in ungleicher Höhe.
4. Den erwachsenen Stengel entlang, von der Basis bis zur Spitze fortschreitend, variieren die Merkmale der Faser erheblich und zwar am stärksten im unteren Stengelteil.

   Die Anzahl der Fasern und die der Faserbündel im Stengelquerschnitt und die Anzahl der Fasern pro Bündel nimmt vom Kotyledonenansatz nach oben anfangs schnell zu, darauf langsamer, erreicht in etwa 0,3 der Stengelhöhe ein Maximum und wird darauf bis zur Spitze wieder geringer.

   Der mittlere Durchmesser der Faser ist an der Basis am grössten und nimmt anfangs schnell, darauf langsamer bis zur Spitze ab. Die Länge der Faser dagegen ist an der Basis gerade am geringsten und nimmt anfangs schnell, darauf langsamer, bis in geringer Entfernung von der Kapsel zu.

   Der Durchmesser der im Stengelquerschnitt vorkommenden

Fasern zeigt an der Basis die grössten Schwankungen, und hier ist somit der Variationsumfang am grössten; höher im Stengel ist die Dicke der Fasern viel gleichmässiger und der Variationsumfang dieses Merkmals also geringer.

Die Form der Faser ist im basalen Stengelteil oft eine abweichende, dadurch dass sich lokale Anschwellungen vorfinden und der Querschnitt unregelmässig, oft mit einspringenden Ecken ist. In weitaus dem grössten Teil des Stengels ist der Faserquerschnitt scharf polygonal, in der oberen Region abgerundet, ganz in der Nähe der Kapsel wieder scharf polygonal, aber an dieser Stelle mit grossem Lumen.

Die grösste Anzahl verholzter Fasern zwischen den unverholzten findet sich an der Basis, nach oben zu wird diese Anzahl geringer, aber in der unmittelbaren Nähe der Frucht sind alle Fasern verholzt.

5. In den Stengeln verschiedener Länge und Dicke der nämlichen Kultur gehen die Merkmale der an übereinstimmenden Stellen sich vorfindenden Fasern bedeutend auseinander.

Die Anzahl der Fasern im Querschnitt an der Maximumstelle verschiedenener Stengel, das heisst in etwa 0,3 der Höhe, variiert sehr bedeutend und schwankt zwischen etwa 200 und 1400, die Anzahl der Faserbündel variiert in dieser Höhe zwischen 20 und 51, während die Anzahl der Fasern pro Bündel 10 bis 30 beträgt.

An der Basis und an der Spitze verschiedener Stengel aber zeigt die Anzahl der Fasern und die der Faserbündel nur sehr geringe Unterschiede.

Der mittlere Durchmesser der im Querschnitt vorkommenden Fasern verschiedener Stengel variiert an der Basis zwischen etwa 25 und 80 μ, in $^1/_4$ der Stengelhöhe ungefähr zwischen 17 und 57 μ.

Zwischen der Fasernzahl im Querschnitt im mittleren Stengelteil und der Stengeldicke in derselben Höhe besteht eine fast vollkommene Reihenkorrelation. Die Fasernzahl ist aber nicht der Stengeldicke proportional. Bei aufeinanderfolgend dickeren Stengeln, bis zu etwa 2—2,5 mm, nimmt die Fasernzahl verhältnismässig schneller zu als die Stengeldicke, bei noch dickeren Stengeln steigt die Fasernzahl aber nicht mehr nennenswert. Die Maximumzahl der Fasern, welche ein Stengel aufweisen kann, tritt schon in Stengeln von 2—2,5 mm auf.

Zwischen der Fasernzahl im Querschnitt und der Stengellänge

besteht kein unmittelbarer Zusammenhang, nur indirekt, infolge der Korrelation der Stengeldicke und der Fasernzahl einerseits und der Stengeldicke und der Stengellänge anderseits, stehen Fasernzahl und Stengellänge miteinander im Zusammenhang.

Die Anzahl der Faserbündel im Querschnitt steht mit der Stengeldicke im Zusammenhang, in dickeren Stengeln ist diese Anzahl grösser. Nur sehr dicke Stengel verschiedenen Durchmessers weisen keine Unterschiede in dieser Hinsicht auf.

Zwischen dem mittleren Durchmesser der im Querschnitt vorkommenden Fasern und der Stengeldicke in derselben Höhe besteht eine fast vollkommene Reihenkorrelation. Die mittlere Faserdicke ist aber nicht der Stengeldicke proportional. In aufeinanderfolgend dickeren Stengeln zeigt der mittlere Faserdurchmesser relativ viel geringere Unterschiede, und nimmt zudem in den dünneren Stengeln verhältnismässig weniger zu als in den dickeren.

Der Durchmesser der im Querschnitt vorkommenden Fasern ist in dickeren Stengeln ungleichmässiger als in dünneren, besonders in den unteren Stengelteilen.

In den dünneren Stengeln verschiedenen Durchmessers tritt der Unterschied in der Fasernzahl, in den dickeren verschiedenen Durchmessers der Unterschied im mittleren Faserdurchmesser mehr in den Vordergrund.

Die Länge der Faser ist am grössten in den längsten und dicksten Stengeln; sie steht in unmittelbarem Zusammenhang mit der Stengeldicke und der Stengellänge beiden.

Der Faserprozentgehalt des Stengels steht im umgekehrten Verhältnis zur Stengeldicke. Je dünner der Stengel, um so grösser dieser Prozentgehalt.

Die Form der Fasern ist eine viel unregelmässigere, die Anzahl verholzter Fasern eine viel grössere und der Grad der Verholzung derselben ein stärkerer in den dickeren Stengeln, besonders in den basalen Teilen derselben, als in den dünneren.

6. Die Wachstumsbedingungen üben einen bedeutenden Einfluss auf die Merkmale der Faser aus. Dieser Einfluss kann sich auf zweierlei Weise geltend machen. Erstens derart, dass die Merkmale der Faser in Stengeln gleicher Länge und Dicke der verschiedenen Kulturen Unterschiede aufweisen und zweitens derart, dass die medianen Werte der Fasermerkmale für die verschiedenen Kulturen auseinander gehen.

Der erstere Fall, dass nämlich das Verhältnis zwischen den Fasermerkmalen und der Dicke und Länge des Stengels beeinflusst wird, ist selten und der Einfluss meistens nur gering. Nur der Flachs vom abgetorften Moorboden zeigt eine merkbar geringere Fasernzahl, einen grösseren mittleren Faserdurchmesser, eine grössere Variabilität des Faserdurchmessers, ungleichmässiger verdickte Fasern und eine grössere Anzahl verholzter Fasern, welche dazu noch stärker verholzt sind als in Stengeln der nämlichen Dicke anderer Kulturen. Die Fruchtbarkeit des Bodens zeigt sich in dieser Hinsicht ohne Bedeutung.

Auf den medianen Wert der im Querschnitt auftretenden Fasernzahl üben Boden und Standraum einen bedeutenden Einfluss aus. In den gewöhnlichen, dichtgesäten Kulturen ist die mediane Fasernzahl für Bodenunterschiede in ziemlich bedeutendem Grade empfindlich und zeigt einen höheren Empfindlichkeitskoeffizient für den Boden als die Stengeldicke. Bei sehr grossem Standraum der Pflanzen dagegen ist die Empfindlichkeit der Fasernzahl für Bodenunterschiede gleich Null.

Der mediane Wert des Faserdurchmessers der gewöhnlichen, dichtgesäten Kulturen ist für Bodenunterschiede äusserst wenig empfindlich, dagegen ist derselbe viel mehr empfindlich für Unterschiede des Standraumes.

Auf die mediane Faserlänge üben Boden und Standraum einen bedeutenden Einfluss aus, weiter auf die Variabilität des Faserdurchmessers, besonders im basalen Stengelteil und auf die Anzahl der im unteren Stengelteil auftretenden verholzten Fasern und auf den Grad ihrer Verholzung.

Auf alle genannten Fasermerkmale wirken Boden und Standraum in derselben Richtung, und meistens übertrifft der Einfluss des Standraumes den des Bodens.

Auf den Faserprozentgehalt des Stengels üben Boden und Standraum einen Einfluss aus. Beide Faktoren wirken hier aber in entgegengesetzter Richtung; während fetterer Boden diesen Prozentgehalt steigert, setzt grösserer Standraum denselben sehr bedeutend herab und der Einfluss des Standraumes übertrifft hier den des Bodens.

7. Der Durchmesser der Faser variiert ungefähr zwischen 4 und 200 μ; die Länge ist mehr variabel und schwankt zwischen 1 und 120 mm.

Zwischen der Länge und dem Durchmesser der Faser besteht eine äusserst geringe Beziehung. Bei der Untersuchung einzelner Stengel findet man, dass in einem einzigen Stengel die kürzesten Fasern im allgemeinen die dicksten sind, bei der Untersuchung sämtlicher Stengel einer Kultur ergibt sich aber, dass die kürzesten Fasern gerade die dünnsten sind, denn es zeigen im allgemeinen die kürzesten Stengel einer Kultur die kürzesten und dünnsten, die längsten Stengel die längsten und dicksten Fasern.

8. Die Membran der isolierten Faser des gerösteten Flachses besteht nur aus den sekundären Verdickungsschichten.

   Die Verschiebungen der Faserwand sind Kunstprodukte, in der isolierten Faser durch die mechanische Bearbeitung, in Stengelschnitten durch das Schneiden hervorgerufen.

   Die Mittellamelle besteht aus Pektose. Die Faser ist gewöhnlich unverholzt, dieselbe kann aber verholzt sein.

9. Die Faser erreicht ihre ausserordentliche Länge nicht durch gleitendes Wachstum. Dieselbe wächst, solange sie innerhalb der sich streckenden Zone des Stengels liegt, über ihre ganze Länge, später beschränkt das Längenwachstum sich auf den stets kleiner werdenden, sich noch in der wachsenden Stengelzone befindenden, oberen Teil der Faser. Sobald die ganze Faser sich ausserhalb des sich streckenden Stengelteils befindet, verlängert sie sich nicht mehr. Infolgedessen zeigt die Faser während einiger Zeit lokalisiertes Längenwachstum. In den einzelnen Fasern kann also die grosse Periode des Wachstums, welche sie ebensogut wie die Stengelspitze, in der sie sich vorfinden, zeigen, nicht durch Turgorunterschiede bedingt sein.

   Das Wachstum des Durchmessers dauert fast bis zum Ende der Vegetationsperiode. Dieses Wachstum ist anfangs am stärksten, allmählich wird die Zunahme des Durchmessers geringer.

10. Die sekundäre Verdickung der Fasermembran fängt in sehr jungen Pflänzchen, also an der Basis des Stengels, in geringerer Entfernung vom Wachstumsscheitel an als in bereits weiter ausgebildeten Pflanzen.

    Die Bildung der sekundären Verdickungsschichten beginnt an der unteren Spitze der Faser, welche demzufolge während einiger Zeit lokalisierte Membranverdickung aufweist.

    Die sekundäre Verdickung tritt zuerst in den äussersten, an die Stärkescheide grenzenden Fasern auf und schreitet darauf von aussen nach innen, die übrigen Fasern ergreifend, fort.

Das Dickenwachstum der Membran dauert fast bis zum Ende der Vegetationsperiode.

11. Die Fasern zeigen gleichzeitiges Flächenwachstum und Dickenwachstum der Membran. An der Basis des Stengels zeigen die bereits verdickten Fasern sowohl Längen- wie Dickenwachstum, im übrigen Stengelteil ist bei eintretender sekundärer Verdickung der Membran das Längenwachstum der Faser schon beendigt und wächst nur noch ihr Durchmesser.

    Gewöhnlich nimmt die Dicke der Membran so viel schneller zu als der Durchmesser der Faser, dass demzufolge das Lumen allmählich kleiner wird.

12. Schon in sehr frühen Entwicklungsstadien treten im basalen Stengelteil einige verholzte Fasern auf, aber die bedeutendste Verholzung findet während und nach der Fruchtreife statt.

13. Eine bereits verholzte Faser kann noch Flächenwachstum und Dickenwachstum der Membran aufweisen.

LITERATURVERZEICHNIS.

Von den mit einem * angedeuteten Arbeiten standen mir nur Referate zur Verfügung. Einige der hier genannten Arbeiten erhielt ich erst, nachdem die vorliegende Abhandlung geschrieben und der Druck bereits angefangen war. Ich konnte dieselben deshalb an der betreffenden Stelle nicht mehr berücksichtigen, aber habe sie hier vollständigkeitshalber hinzugefügt.

AARTSEN, L. Welke zijn de oorzaken, dat de Vlasteelt tegenwoordig in verval is geraakt? Zijn er middelen om dezelve wederom te doen bloeijen? Wat is wijders de beste manier om het Vlas op de verschillende gronden van ons Vaderland te bouwen? Verhand. uitgeg. door de Maatsch. ter bevordering van den Landbouw te Amsterdam, Deel IV, 1788. Prijsvraag, tevens beantwoord door: J. F. MULLER, J. D. HUICHELBOS VAN LIENDER en JONATHAN BUSSER.

*ALEFELD, FR. Landwirtsch. Flora. 1866, Berlin, Paul Parey.

AMELUNG, E. Ueber mittlere Zellengrössen. Flora, Bd. 77, 1893, S. 176.

BAAS, A. Bericht wegens 't reuten van vlas. Amsterdam, 1790.

BAILLON, H. Histoire des plantes. T. 5, 1874, S. 42.

BEHRENS, J. Natürliche Röstmethoden. Das Wesen des Röstprozesses vom chemischen Standpunkte. Centralbl. f. Bact. und Parasitenkunde, Bd. 8, 2. Abth. 1902, S. 163.

BEYERINCK, M. W. and A. VAN DELDEN. On the bacteria which are active in flax-rotting. Proc. of the Section of Science Kon. Akad. v. Wet. Amsterdam, Vol. VI, Part 2, 1904, S. 462 und: Sur les bactéries actives dans le rouissage du lin. Arch. Néerl. Sér. II, T. IX, 1904, S. 418.

BOEHM, J. Sind die Bastfasern Zellen oder Zellfusionen? Sitzungsber. d. Kais. Akad. der Wiss. Wien, Bd. 53, 1866, S. 40.

BOEHM, J. Ueber das Keimen von Samen in reinem Sauerstoffgase. Sitzungsber. d. Kais. Akad. d. Wiss. Wien, Bd. 68, 1873, S. 132.

BOLLEY, H. L. Flax wilt and Flax sick soil. Experiment Station for North Dakota, Bulletin No. 50, 1901.

BOLLEY, H. L. Flax and Flaxseed Selection. Experiment Station for North Dakota, Bulletin No. 55, 1903.

BOLLEY, H. L. Flax Culture. U. S. Department of Agriculture, Farmers' Bulletin No. 274, 28 Febr. 1907.

BOTTLER, MAX. Die vegetabilischen Faserstoffe. 1900, S. 28—41.

BRAUN, A. Ueber die im Kgl. Museum zu Berlin aufbewahrten Pflanzenreste aus altägyptischen Gräbern. Zeitschr. für Ethnologie, Bd. 9, 1877, S. 289.

BREUNLIN, FR. Des Flachses vortheilhafteste Cultur und Bearbeitung, mit besonderer Rücksicht an Würtemberg. Stuttgart, 1832.

BURGERHOUDT, J. Over 't bederf in 't vlas, bekend onder den naam zwarte of kwade koppen. Haarlem, 1841.

BURGERSTEIN, ALFRED. Ueber Pflanzenfasern. Vortrag gehalten im Vereine zur Verbreit. naturwiss. Kenntnisse in Wien, am 27. Nov. 1878, S. 18—23.

BURNS, G. P. and MARY E. HEDDEN. Conditions influencing regeneration of hypocotyl. Beih. z. Bot. Centralbl. Bd. XIX, Abt. 1, 1906, S. 383.

CANDOLLE, A. DE. L'origine des plantes cultivées. 1886, S. 95—103.

CAZZUOLA, F. Relazione di alcuni esperimenti fatti sopra fibre tessili. Nuov. Giorn. bot. ital. Vol. V, 1873, S. 261.

CHRISTIAN, M. Handleiding voor landlieden over de wijze om vlas en hennip zonder roting te bereiden. Brussel, 1818.

CLAUDEL, L. Sur les matières colorantes du spermoderme dans les Angiospermes. Comptes rendus, T. CIX, 1889, S. 238.

CORRENS, C. Zur Kenntniss der inneren Structur der vegetabilischen Zellmembranen. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 23, 1892, S. 254.

CRAMER, C. Drei gerichtliche mikroskopische Expertisen betreffend Textilfasern. Programm des schweiz. Polytechnikums, 1881, S. 20—29.

DEMOOR, V. P. G. Verhandeling over den Vlaskweek en de verschillende Wijzen van Vlasrotting. Bibliotheek over Landbouw, 2de Reeks, No. 12, Brussel, 1855.

DEMOOR, V. P. G. Traité de la Culture du Lin et des différents Modes de Rouissage. Bibliothèque Rurale, 3me Série, No. 2, Bruxelles, 1855.

DIJKEMA, H. Over het verbouwen van vlas met de aan die teelt verbonden voordeelen. Groningen, 1839. Antwoord op de prijsvraag uitgeschreven door het Genootschap ter Bevordering der Nijverheid, Onderdendam.

DODGE, C. R. A Report on Flaxculture for Fiber in the United States. U. S. Department of Agriculture, Washington, Report No. 4, 1892.

DODGE, C. R. The present status of Flax Culture in the United States. Yearbook of the U. S. Departm. of Agricult. 1897. Washington, 1898, S. 471.

DODONAEUS, REMBERTUS. Cruydt-Boeck. Van Tam Vlas-cruydt. Deel IV, Boeck 17, 1644, S. 853.

DUNSTAN, WYNDHAM R. and S. J. M. AULD. The Occurence of Phaseolunatin in Common Flax (Linum usitatissimum). Proc. royal Soc. London, B, Vol. LXXVIII, 1906, S. 145.

ERIKSSON, J. Ueber das Urmeristem der Dikotylen-Wurzeln. Jahrb. f. Wiss. Bot. Bd. XI, 1878, S. 380.

ETRICH, IGNAZ. Die Flachsbereitung in ihrer Beziehung zur Flachsbaufrage. Trautenau, 1898.

FOCKE, W. O. Die Culturvarietäten der Pflanzen. Nat. Ver. Bremen, 1887, S. 474.

FRUWIRTH, C. Die Züchtung der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. Bd. III, 1906, S. 42—56.

GIERSBERG, FR. L. Der Flachsbau. Leipzig, 1877.

GORUP-BESANEZ, V. Weitere Beobachtungen über diastatische und peptonbildende Fermente im Pflanzenreich. Ber. d. d. Chem. Ges. Bd. 8, 1875, S. 1510.

GUIGNARD, L. Recherches sur le développement de la graine et en particulier du tégument séminal. Journ. de Botanique, T. VII, 1893, S. 100.

HASSACK, KARL. Der Flachs und seine Verarbeitung. Schriften des Vereines zur Verbreitung naturwiss. Kenntnisse in Wien. Bd. 46, 1905/1906, S. 203.

HAUMAN, L. Étude microbiologique du rouissage aerobie du lin. Comptes rendus, T. 134, 1902, S. 1163.

HAVELAAR, M. E. De vlasbouw in Nederland. Uitgeg. door de Geldersche Maatschappij van Landbouw, 1851.

HAVENSTEIN, G. Beiträge zur Kenntniss der Leinpflanze und ihrer Kultur. Inaug. Diss. Göttingen, 1874.

HECKER, A. Ein Beitrag zur rationellen Kultur des Leins. Inaug. Diss. Heidelberg, 1897.

HEER, O. On the remains of plants found beneath the Swiss Lake-dwellings. Arch. des sciences phys. et nat. Nouv. pér. T. XXI, 1864, S. 163.

HEER, O. The annals and magazine of nat. Hist. Vol. XIV, III Ser. 1864, S. 465.

HEER, O. Ueber den Flachs und die Flachskultur im Alterthum. Neujahrsblatt der naturforschenden Gesellschaft, Zürich, 1872.

HEGELMAIER, FR. Ueber partielle Abschnürung und Obliteration des Keimsacks. Ber. d. d. bot. Ges. Bd. IX, 1891, S. 257.

HEHN, V. Kulturpflanzen und Hausthiere. Neu herausgegeben von O. SCHRADER und A. ENGLER, 1894, S. 160—186.

HENGE, H. Flachsbau und Bodenerschöpfung. Weichnitz, 1856.

HERBST, A. Beiträge zur Kenntniss der Markstrahlen dicotyler Kräuter und Stauden. Bot. Centralbl. Bd. 57, 1894, S. 327.

HERZBERG, W. Flachsprüfungen. Berlin, Mitt. techn. Versuchsanst. 20, 1902, S. 311; 21, 1903, S. 91.

HERZOG, A. Beiträge zur Kenntniss der Flachsfaser. Oesterreichische Chemiker-Zeit. Neue Folge, I, 1898, No. 10, S. 310.

HERZOG, A. Die Unterscheidung von Baumwolle und Leinen. Verlag für Textil-Industrie, Sorau, 1904.

HERZOG, A. Ueber die Bastzellen aus dem Hypocotyl der Flachspflanze. Zeitschr. für Farben- und Textilindustrie, Sorau, Jahrg. 3, 1904, S. 377.

HILGER, A. Zur Kenntniss der Pflanzenschleime. Ber. d. d. chem. Gesellsch. Jahrg. 36, 1903, Bd. III, S. 3197.

HOFFMANN, H. Culturversuche. Bot. Zeit. Bd. 34, 1876, S. 566.

HOFFMANN, H. Rückblick auf meine Variationsversuche von 1855—1880. Bot. Zeit. Bd. 39, 1881, S. 382 und 410.

HOFFMEISTER, C. Beiträge zur Kenntniss der Zusammensetzung der Flachsfaser. Arb. der Versuchsstat. für Flachsbau und Flachsbereitung in Trautenau. Nov. 1904.

HOFFMEISTER, C. Unsere gegenwärtigen Kenntnisse über die Flachsröste. Zeitschr. „Flachs und Leinen", No. 140, Dez. 1905.

HOFFMEISTER, C. Zur Kenntniss der Flachsmüdigkeit. Zeitschr. „Flachs und Leinen", No. 151, 30 Nov. 1906.

HOFMEISTER, W. Über die zu Gallerte aufquellenden Zellen der Aussenfläche von Samen und Perikarpien. Ber. über die Verh. d. Kön. sächs. Gesellsch. der Wiss. Leipzig, Jahrg. 1858, S. 18.

HÖHNEL, FR. VON. Ueber das Verhalten der vegetabilischen Zellmembran bei der Quellung. Ber. d. d. bot. Ges. Bd. II, 1884, S. 41.

HÖHNEL, FR. VON. Ueber den Einfluss des Rindendruckes auf die Beschaffenheit der Bastfasern der Dicotylen. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 15, 1884, S. 311.

HÖHNEL, FR. VON. Die Mikroskopie der technisch verwendeten Faserstoffe. 2. Aufl. 1905, S. 42—46.

HORNSTEIN, K. Der Anbau des Flachses und seine möglichst wohlfeile Verarbeitung zur preiswürdigen Handelswaare. Landshut, 1844.

JANCZEWSKI, E. DE. Recherches sur l'accroissement terminal des racines dans les Phanérogames. Ann. d. sciences nat. Sér. V, T. XX, 1874, S. 185.

JORISSEN, A. Recherches sur la germination des graines de lin et des amandes douces. Bull. de l'Acad. Roy. des Sciences de Belg. 3me Sér. T. 7, 1884, S. 736.

JORISSEN, A. und E. HAIRS. La Linamarine, nouveau glucoside fournissant de l'acide cyanhydrique par dédoublement et retiré du *Linum usitatissimum*. Bull. de l'Acad. Roy. des Sciences de Belg. 3me Sér. T. 21, 1891, S. 529.

KEURENAER, J. A. Kunstmatige Vlasbereiding. Schiedam, 1872.

KEURÉNAER, J. A. Die Flachsbereitung in Holland. Berlin, Verlag von WIEGANDT und HEMPEL, 1872.

KÖRNICKE, FR. Bemerkungen über den Flachs des heutigen und alten Aegyptens. Ber. d. d. bot. Ges. 1888, S. 380.

KRABBE, G. Ein Beitrag zur Kenntniss der Structur und des Wachstums vegetabilischer Zellhäute. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 18, 1887, S. 346.

KRAFFT, GUIDO. Die Pflanzenbaulehre. 7. Aufl. 1903, S. 132—142.

KUHNERT, R. Der Flachs, seine Kultur und Verarbeitung. 1898.

LANGER, L. Flachsbau und Flachsbereitung. Wien, 1893.

LANGER, L. Wie soll der österreichische Landwirth den Flachs auf dem Felde, bei der Röste und bei der Bearbeitung behandeln? Verlag des K. K. Ackerbau-Ministeriums, Wien, 1894.

LANGETHAL, CHR. ED. Handbuch der landwirthschaftlichen Pflanzenkunde. 1876, S. 155—164.

LECOMTE, H. Textiles végétaux. S. 74—82.

LEEUW, J. C. DE. Bevordering der vlasteelt in Nederland door kunstmatige bereiding van het vlas. Haarlem, 1865.

LEEUWENHOEK. A. VAN. Phil. Transact. Vol. XII, 1677, S. 905.

LENZ, W. Zur Unterscheidung der Jutefaser von Lein- und Hanffaser. Zeitschr. f. anal. Chem. Jahrg. 29, 1890, S. 133.

*LINK, Grundlehre der Kräuterkunde, I.

LÜDTKE, F. Beiträge zur Kenntniss der Aleuronkörner. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 21, 1890, S. 104.

LUKAS, FRANZ. Versuche über die Keimung und das Wachstum von Pflanzen im luftverdünnten Raume. Lotos, N. F. Bd. VII. 1887, S. 146.

MANGIN, L. Observations sur l'assise à mucilage de la graine du Lin. Bull. d. l. Soc. Botan. de France, T. XL, 1893, S. 119.

MANGIN, L. Sur la constitution du mucilage de la graine du Lin. Bull. d. l. Soc. Botan. de France, T. XLI, 1894, S. 32.

MANSHOLT, D. R. Flachskultur in Deutschland und in Holland. Deutsche Landw. Presse, Jahrg. XXXIII, No. 57 und 58.

MANSHOLT, J. H. Welke verschijnselen en resultaten zijn waargenomen bij het verwisselen van zaaigranen, zaaizaden en pootaardappelen? Rapport uitgebracht door de afdeeling Leens van het Genootschap voor Nijverheid.

*MASPERO, Histoire ancienne des peuples de l'Orient, éd. 3, Paris, 1878, S. 13.

MEYEN, J. Ueber die Bildung der faserförmigen Zellen oder Baströhren der Pflanzen. WIEGMANN's Archiv für Naturgeschichte, 1838, S. 297.

MOHL, H. VON. Einige Andeutungen über den Bau des Bastes. Bot. Zeit. 1855, S. 876.

MOLISCH, H. Untersuchungen über den Hydrotropismus. Sitzungsber. d. Kais. Akad. d. Wiss. Wien, Bd. 88, 1883, S. 897.

*MÜLLER, HUGO. Die Pflanzenfaser und ihre Aufbereitung für die Technik. Amtliche Ber. über die Wiener Weltausstellung im Jahre 1873, Bd. III, Abth. I, 2, 1876, S. 35—38.

NÄGELI, C. Ueber den inneren Bau der vegetabilischen Zellmembranen. Bot. Mittheil. von NÄGELI, Bd. II, 1866, S. 1.

NEUWEILER, E. Die prähistorischen Pflanzenreste Mitteleuropas. Bot. Exkursionen und pflanzengeogr. Studien in der Schweiz, Heft 6, 1905, S. 66—72.

NOBIS, R. Die Cultur des Leins und seine Bearbeitung. Bromberg, 1859.

OMELIANSKI, W. Die histologischen und chemischen Veränderungen der Leinstengel unter Einwirkung der Mikroben der Pektin- und Cellulosegärung. Centralbl. für Bakt. und Parasitenkunde, 2. Abt. Bd. XII, 1904, S. 33.

OUDEMANS, C. A. J. A. Afbeeldingen en Beschrijvingen der voornaamste Handelsplanten. VAN HOLKEMA, Amsterdam, 1883, S. 39.

PALISER, A propos du Lin. 1886.

PAYEN, M. Sur le rouissage du Lin. Paris, 1860.

PFUHL, E. Fortschritte in der Flachs-Gewinnung. Rigasche Industrie-Zeit. 1886, No. 1—6.

PFUHL, E. Weitere Fortschritte in der Flachsgewinnung. Riga, 1895.

PLANCHON, J. E. Sur la famille des Linées. HOOKER's London Journal of Botany, Vol. VI und VII, 1847 und 1848.

PLINIUS, C. Historia naturalis. Leiden 1606, Lib. XIX, S. 437—456.

QUARIZIUS, C. G. Flachsbau und Linnenbereitung. Leipzig, 1852.

REINDERS, G. Handboek voor den Nederlandschen Landbouw en de Veeteelt. Deel II, S. 321—331.

REISSEK, S. Die Fasergewebe des Leines, des Hanfes, der Nessel und Baumwolle, nebst Beobachtungen über die Entwickelung der Bastzellen, Denkschr. d. Kais. Akad. d. Wiss. Wien, Bd. IV, 1852, S. 127.

REMEC, B. Ueber die specifische Doppelbrechung der Pflanzenfasern. Sitzungsber. d. Kais. Akad. d. Wiss. Wien, Bd. 110, 1901, Abth. 1, S. 364.

RENOUARD, A. Sur l'état hygrométrique du lin. Journ. de Pharm. et de Chém. 4. sér. T. 25, 1877, S. 141.

RICHARD, H. Die Gewinnung der Gespinstfasern. Karlsruhe, 1881, S. 44—106.

ROUCHER, C. Des filaments végétaux employés dans l'industrie, procédé de M. VÉTILLART pour les distinguer dans les tissus. Paris, 1873.

RÜFIN, A. Der Flachsbau und die Flachsbearbeitung in Belgien. Wesel, 1844.

RÜFIN, A. Der Flachsbau und die Flachsbereitung in Deutschland. Breslau, 1853.

RÜFIN, A. Der Wiederkehr sicherer Flachsernten. Breslau, 1866.

RYAN, J. Die Zubereitung von Flachs, Flachsbaumwolle und Flachswolle nach dem CLAUSSEN'schen Verfahren. Deutsch herausgeg. von TH. KELL, Braunschweig, 1852.

SACHS, J. Ueber Ausschliessung der geotropischen und heliotropischen Krümmungen während des Wachsens. Arb. des bot. Inst. Würzburg, Bd. II, H. 2, S. 209.

SAITO, K. Anatomische Studien über wichtige Faserpflanzen Japans mit besonderer Berücksichtigung der Bastzellen. Journ. of the College of Science, Imper. Univ. Tokyo, Vol. XV, Pt. 3. 1901.

SCHACHT, H. Die Pflanzenzelle. 1852, S. 216.

SCHEIDWEILER, M. Sur une nouvelle variété de lin cultivé. L. VAN HOUTTE, Flore des Serres, T. VII, 1851—1852, S. 181.

SCHELLENBERG, H. Beiträge zur Kenntniss der verholzten Zellmembran. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 29, 1896, S. 250.

SCHINDLER, F. Die Flachsbau- und Flachshandels-Verhältnisse in Russland mit besonderer Rücksicht auf die baltischen Gouvernements. Wien, Verlag von ALFRED HÖLDER, 1894.

SCHINDLER, F. Studien über den russischen Lein mit besonderer Rücksicht auf den deutschen Flachsbau. Landwirtsch. Jahrb. Bd. 28, 1899, S. 133.

SCHLESINGER, R. Mikroskopische Untersuchungen der Gespinnstfasern im rohen und gefärbten Zustande. Zürich, 1873.

SCHLOESING, TH. Sur les échanges d'acide carbonique et d'oxygène entre les plantes et l'atmosphère. Comptes rendus, T. CXVII, 1893, S. 756.

SCHOLTZ, M. Ueber den Einfluss von Dehnung auf das Längenwachstum der Pflanzen. COHN's Beiträge zur Biol. der Pflanzen. Bd. IV, H. 3, 1887, S. 323.

SCHOUTE, J. C. Die Stelär-Theorie. Inaug. Diss. Groningen, 1902, S. 62.

SCHOUTE, J. C. Über Zellteilungsvorgänge im Cambium. Verh. der Koninkl. Akad. van Wet. Amsterdam. Deel IX, No. 4, 1902, S. 22.

SCHUBARTH, H. Mittheilungen gemachter Erfahrungen und Beobachtungen über Flachscultur und Flachsbereitung. Leipzig, 1829.

SCHWEINFURTH, G. Neue Beiträge zur Flora des alten Aegyptens. Ber. d. d. bot. Ges. 1883, S. 544 und 1884, S. 351.

SEMPOLOWSKI, Ueber den Bau der Schale der landwirthschaftlich wichtigen Samen. Landw. Jahrb. Bd. III, 1874, S. 823.

SIGMUND, W. Ueber fettspaltende Fermente im Pflanzenreiche. Sitzungsber. d. Kais. Akad. Wien, Bd. 100, 1891, Abth. I, S. 328.

SISON, R. Leinbau und Flachsbereitung. Leipzig, 1873.

SMITH, R. GREIG. The probable bacterial origin of the gum of linseed mucilage. Proc. of the Linnean Soc. of New South Wales, Vol. XXX, Part I, 1905, S. 161.

SONNTAG, C. Katechismus des Flachsbaues und der Flachsbereitung. Leipzig, 1872.

SONNTAG, P. Die Beziehung zwischen Verholzung, Festigkeit und Elasticität vegetabilischer Zellwände. Landw. Jahrb. Bd. 21, 1892, S. 839.

STEFANOWSKA, Mlle et H. CHRETIEN. Recherches statistiques sur l'évolution de la taille du Lin. Comptes Rendus, 1905, II, S. 900.

STÖRMER, K. Ueber die Wasserröste des Flachses. Bakter. Centralbl. Abth. II, Bd. 13, 1904. S. 35.

TEITZ, P. Über definitive Fixirung der Blattstellung durch die Torsionswirkung der Leitstränge. Flora, Jahrg. 71, 1888, S. 419.

THOMSON, J. Ueber das Gewebe an den ägyptischen Mumien. WÖHLER und LIEBIG's Ann. der Chem. und Pharm. Bd. LXIX, 1849, S. 128.

TOGNINI, F. Sopra il percorso dei Fasci libro-legnosi primari negli organi vegetativi del Lino (Linum usitatissimum L.) Atti dell' Istituto Botanico di Pavia, Vol. II, 1890.

UNGER, F. Botanische Streifzüge auf dem Gebiete der Culturgeschichte. Sitzungsber. d. K. Akad. d. Wiss. Wien, Bd. 38, 1859, S. 69 und Bd. 54, 1866, S. 33.

VEIT, R. De verbeterde vlasbouw. Uit het Duitsch vertaald door R. J. v. D. LEY. Leeuwarden, 1844.

VERET, B. Le lin et sa culture. Paris, 1866.

VÉTILLART, M. Études sur les fibres végétales textiles. 1876, S. 56—72.

VIEBAHN, G. VON. Mittheilungen über das Rotten des Flachses in erwärmtem Wasser. Berlin, 1850.

VINES, S. H. On the chemical composition of Aleurone-grains. Proc. Royal Soc. Vol. XXX, 1880, S. 387.

VRIES, HUGO DE. Die Mutationstheorie, Bd. I, 1901, S. 89 und 469, Bd. II, 1903, S. 169.

WIESNER, J. Die Rohstoffe des Pflanzenreiches. Bd. II, 1903, S. 276—300.

WILDE, A. Beiträge zur Anatomie der Linaceen. Inaug. Diss. Heidelberg, 1902.

WINDISCH, R. Über die Einwirkung des Kalkhydrates auf die Keimung. Landw. Versuchsstat. Bd. 54, 1900, S. 283.

WINDISCH, R. Über die Einwirkung des Formaldehyds auf die Keimung. Landw. Versuchsstat. Bd. 55, 1901, S. 241.

WINOGRADSKY, S. Sur le rouissage du lin et son agent microbien. Comptes rendus, T. CXXI, 1895, S. 742.

WITT, Chemische Technologie der Spinnfasern, S. 137—147.

WOENIG, FRANZ. Die Pflanzen im alten Aegypten. 1897, S. 181—189.

WORTMANN, J. Ueber den Einfluss der strahlenden Wärme auf wachsende Pflanzenteile. Bot. Zeit. Bd. 41, 1883, S. 466.

ZETZSCHE, FRANZ. Die wichtigsten Faserstoffe der europäischen Industrie. 2. Aufl. 1905, S. 32—35.

ZYNEN-WARTEL, HELENA G. F. Phytochemische waarnemingen over cyaanwaterstof. Inaug. Diss. Amsterdam 1906. S. 60.

REGISTER.

A.

B.

C.

D.

E.

F.

G.

H.

I.

J.

K.

L.

M.

N.

O.

P.

Q.

R.

S.

T.

U.

V.

W.

X.

Y.

Z.

ERKLÄRUNG DER ABBILDUNGEN.

Die mikroskopischen Figuren sind alle mit Hilfe der Camera lucida gezeichnet und die meisten derselben sind bei der Reproduktion verkleinert. Die bei den Figuren angegebenen Vergrösserungen beziehen sich auf die Figuren, so wie sie hier vorliegen.

TAFEL I.

Fig. 1. Abbildung von drei Flachspflanzen von verschiedenen Kulturen.
Links: eine Pflanze der gewöhnlichen Kultur im botanischen Garten.
In der Mitte: eine mit grossem Standraum kultivierte Pflanze aus dem botanischen Garten.
Rechts: eine Pflanze vom Acker in Sappemeer.

Fig. 2. Früchte verschiedener Leinformen in etwas weniger als natürlicher Grösse.
Oben links: Früchte des *Linum crepitans* (*Klanglein*).
Oben rechts: Früchte des gewöhnlichen, in den Niederlanden angebauten Leins (*Schliesslein*).
Unten links: Früchte des *Linum angustifolium* Huds.
Unten rechts: Früchte des im botanischen Garten in Groningen aus ägyptischer Saat kultivierten Leins (*Schliesslein*).

TAFEL II.

Fig. 1. Längsschnitt durch einen Vegetationskegel. B Blatt, Ba Blattanlage, E Epidermis, R Rinde, FG Fasern und Gefässbündelteil, M Mark, I Interzellularraum. Vergr. 48 Mal.

Fig. 2. Epidermiszellen mit Stoma aus der Mitte eines erwachsenen Stengels der gewöhnlichen Kultur. S Schliesszelle, N Nebenzelle. Vergr. 210 Mal.

Fig. 3. Epidermiszellen mit Stoma aus der Mitte eines erwachsenen, sehr dicken Stengels. S Schliesszelle, N Nebenzelle, Q Querwand. Vergr. 210 Mal.

Fig. 4. Sphärokristall von Calciumphosphat im Mark an der Basis eines jungen Stengelchens. Vergr. 365 Mal.

Fig. 5. Teil eines Querschnittes durch einen Vegetationskegel. E Epidermis, R Rinde,

S Stärkescheide, F Fasern, pP primärer Phloëmstrang, pX primärer Xylemstrang, Mv Markverbindung, M Mark. Nur in den Zellen der Stärkescheide und des primären Phloëms ist der Inhalt angegeben. Vergr. 365 Mal.

Fig. 6. Teil eines Längsschnittes durch einen Vegetationskegel. E Epidermis, R Rinde, S Stärkescheide, F Fasern, pP primäres Phloëm, Sp Spiralgefäss, M Mark. Vergr. 365 Mal.

Fig. 7. Teil eines Querschnittes durch einen sehr jungen Stengel. E Epidermis, R Rinde, I Interzellularraum, S Stärkescheide, F Fasern, pP primärer Phloëmstrang, K Kambium, pX primärer Xylemstrang, M Mark. Nur in den Zellen der Stärkescheide und des primären Phloëms ist der Inhalt angegeben. Vergr. 210 Mal.

TAFEL III.

Fig. 8. Teil eines Querschnittes durch die Basis eines erwachsenen Stengels. C Cuticula, E Epidermis, R Rinde, F Fasern, Sch Schichten, Str Streifen. Vergr. 216 Mal.

Fig. 9. Spitze einer isolierten Faser aus dem unteren Teil eines Stengels. Vergr. 805 Mal.

Fig. 10. Spitze einer isolierten Faser aus dem unteren Teil eines Stengels vom Acker in Sappemeer. K Kappe, Str Streifen. Vergr. 49 Mal.

Fig. 11. Spitze einer isolierten Faser aus der Mitte eines lebenden Stengels. Pr Protoplasma, L Lumen. Vergr. 375 Mal.

Fig. 12. Längsansicht eines Teils einer isolierten Faser, deren Mittellamelle teilweise entfernt ist. M Mittellamelle. Vergr. 375 Mal.

Fig. 13. Längsansicht einer Faser mit eingekapseltem Protoplasma. W Wand der Einkapselung, P Protoplasma. Vergr. 375 Mal.

Fig. 14. Epidermiszellen aus der Mitte eines erwachsenen, sehr dicken Stengels. Q später gebildete Querwand. Vergr. 216 Mal.

Fig. 15. Epidermiszellen aus der Mitte eines erwachsenen Stengels der gewöhnlichen Kultur. Vergr. 216 Mal.

Fig. 16. Querschnitte, a—h, durch einen Teil der Faserschicht an nahe übereinander liegenden Stellen eines jungen Stengels an der Basis desselben. Die oberste Figur bezieht sich auf den untersten Querschnitt des Stengels. Die übereinstimmenden Ziffern der verschiedenen Figuren deuten die nämlichen Fasern an. Vergr. 216 Mal.

Fig. 17. Teil eines Querschnittes durch die Mitte eines erwachsenen Stengels. C Cuticula, E Epidermis, R Rinde, Fb Faserbündel, pP primäres Phloëm, sX sekundäres Xylem. Vergr. 375 Mal.

TAFEL IV.

Fig. 18. Teil eines Querschnittes durch einen erwachsenen Stengel ungefähr 2 mm unterhalb der Frucht. C Cuticula, E Epidermis, R Rinde, I Interzellularen, F Fasern, pP primäres Phloëm, X Xylem, Mv Markverbindung, M Mark. Vergr. 355 Mal.

Fig. 19. Längsansicht eines Teils einer isolierten Faser aus der Mitte eines Stengels. K. Kappe. Vergr. 205 Mal.

Fig. 20. Querschnitt durch einen erwachsenen Stengel, ungefähr 1 mm unterhalb der Frucht. E Epidermis, R Rinde, F Faserschicht, P primärer Phloëmstrang, X primärer Xylemstrang, Mv Markverbindung, M Mark. Vergr. 85 Mal.

Fig. 21. Querschnitt durch eine junge Faser, a, mit gefalteter, innerer Membranschicht, im unteren Teil eines Stengels; b Querschnitt durch die Spitze einer Faser; c unverdickte Fasern. Vergr. 355 Mal.

Fig. 22. Querschnitt durch zwei erwachsene Fasern mit gefalteter, innerer Menbranschicht, im unteren Teil eines Stengels. L Lumen. Vergr. 355 Mal.

Fig. 23. Querschnitt durch einige Fasern im obersten Teil eines erwachsenen Stengels. I Interzellulare. Vergr. 355 Mal.

Fig. 24. Längsansicht eines Faserteils aus Schwingflachs, mit scheinbaren Rissen, P, welche aber anhaftende Parenchymreste sind. Vergr. 765 Mal.

Fig. 25—29. Sehr häufig vorkommende Formen der Verschiebungen der bearbeiteten Faser. Längsansicht. Vergr. 765 Mal.

Fig. 30 und 32. Seltener vorkommende Formen der Verschiebungen der bearbeiteten Faser. Längsansicht. Vergr. 765 Mal.

Fig. 31. Längsansicht eines Teils einer isolierten Faser aus dem unteren Teil eines Stengels vom Acker in Sappemeer. K Kappe. Vergr. 47 Mal.

Fig. 33. Eine beim Schneiden künstlich hervorgerufene Verschiebung der Faser im Stengel. Längsansicht. Vergr. 765 Mal.

Fig. 34. Längsansicht einer jungen Faser mit Kern. Vergr. 765 Mal.

Fig. 35. Querschnitt durch einige jungen Fasern mit in den äussersten Fasern des Bündels anfangender Membranverdickung. E Epidermis, R Rinde, S Stärkescheide, vF verdickte Faser, uF unverdickte Fasern. Vergr. 355 Mal.

TAFEL V.

Fig. 36. Querschnitt durch einen Vegetationskegel. E Epidermis, R Rinde, Fb Faserbündel, pP primärer Phloëmstrang, pX primärer Xylemstrang, G Gefässbündel, Mv Markverbindung, M Mark, I Interzellularraum. Vergr. 62 Mal.

Fig. 37. Längsansicht eines Teils einer isolierten Faser. Sch Schichtung, Str Streifung. Vergr. 258 Mal.

Fig. 38. Querschnitt durch den äusseren Teil eines erwachsenen, sehr dicken Stengels an der Basis desselben. E Epidermis, R Rinde, F Fasern, I Interzellulare, L Lücke in der Faserschicht, P Phloëm, K Kambium. Vergr. 150 Mal.

Fig. 39. Querschnitt durch den mittleren Teil eines erwachsenen Stengels der gewöhnlichen Kultur. E Epidermis, R Rinde, Fb Faserbündel, P Phloëm, sX sekundäres Xylem, pX primärer Xylemstrang, a primärer Xylemstrang des Gefässbündels des nächst höheren Blattes, M Mark, Mh Markhöhle. Vergr. 34 Mal.

Fig. 40. Querschnitt durch den mittleren Teil eines erwachsenen, sehr dicken Stengels. E Epidermis, R Rinde, Fb Faserbündel, P Phloëm, sX sekundäres Xylem,

pX primärer Xylemstrang, a primärer Xylemstrang des Gefässbündels des nächst höheren Blattes, M Mark, Mh Markhöhle. Vergr. 18 Mal.

Fig. 41. Längsansicht eines Teils einer isolierten Faser aus der Mitte eines lebenden Stengels, in Jodjodkalium. Sch Schichten, S Stärke. Vergr. 555 Mal.

Fig. 42. Querschnitt durch einige Fasern im unteren Teil eines erwachsenen, sehr dicken Stengels. S Schichten, L Lumen, I Interzellulare. Vergr. 254 Mal.

Fig. 43. Querschnitt durch einige Fasern im basalen Teil eines erwachsenen Stengels von der Kultur in Sappemeer. L Lumen, Pr Protoplasmareste, I Interzellulare. Vergr. 150 Mal.

Fig. 44. Längsansicht einer Faser mit Kappenbildung, K, aus dem basalen Teil eines Stengels. Vergr. 555 Mal.

TAFEL VI.

Kurven verschiedener Merkmale des Stengels, der Frucht und des Samens unter verschiedenen Wachstumsbedingungen. In jeder Figur beziehen die oberen Kurven sich auf die dichtgesäten Kulturen, die unteren auf die weitstehenden. Nur die beiden Kurven für die Anzahl der Früchte sind, der besseren Verteilung des Raumes der Tafel wegen, nebeneinander gestellt. Die Kurven der Kulturen auf fettem Boden sind mit ununterbrochener Linie, die der Kulturen auf magerem Boden mit punktierter Linie gezeichnet. In den meisten Figuren stehen die Ordinaten auf der Abscisse zwischen je zwei Zahlen, welche die Intervalle andeuten; in den Figuren 6 und 8, links, wo die Beobachtungen nicht in Gruppen zusammengefasst sind, entsprechen die Ordinaten den Zahlen. Die Figuren sind in halber Grösse reproduziert. In den ursprünglichen Figuren beträgt jedes auf die Abscisse verzeichnete Intervall 1 cm und entspricht jeder mm der Ordinaten einem Wert von 1 °/₀. Hierdurch ist es möglich aus der Länge der Ordinaten für jedes Intervall die Prozentzahl zu finden.









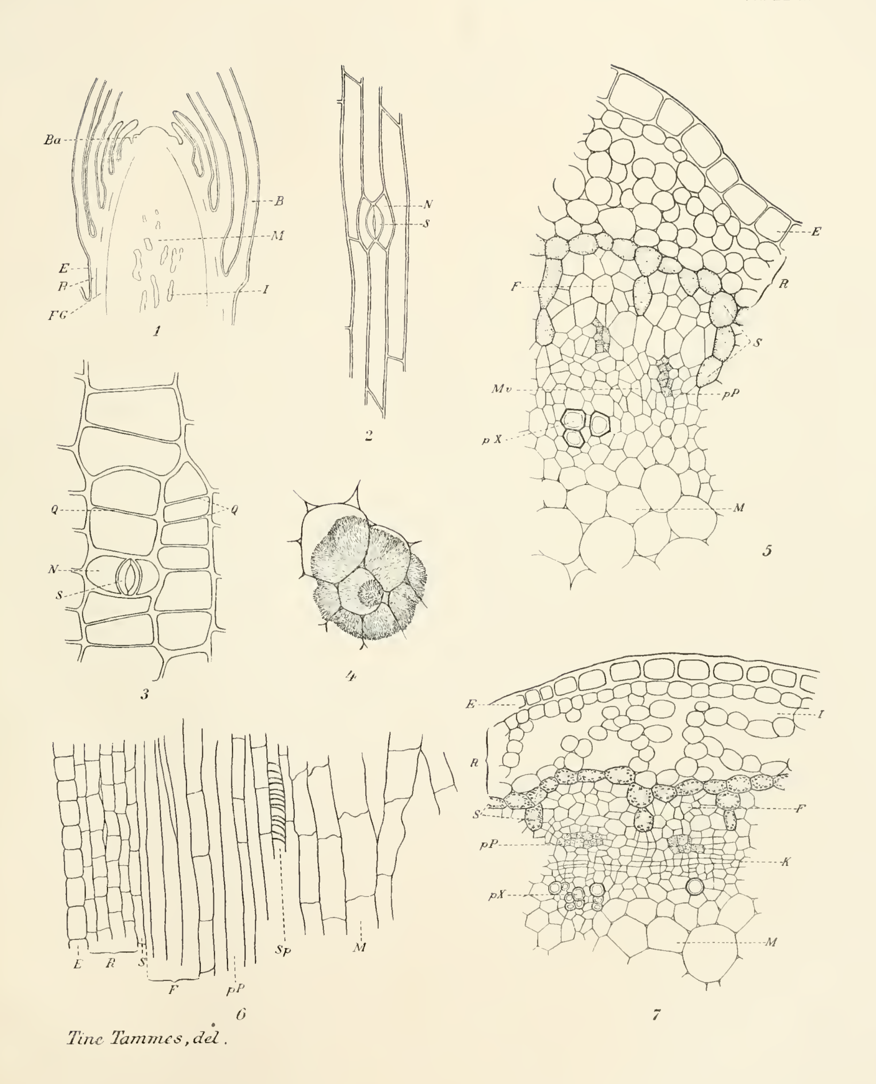
Fig. 1.



J. VEENHOFF, phot.

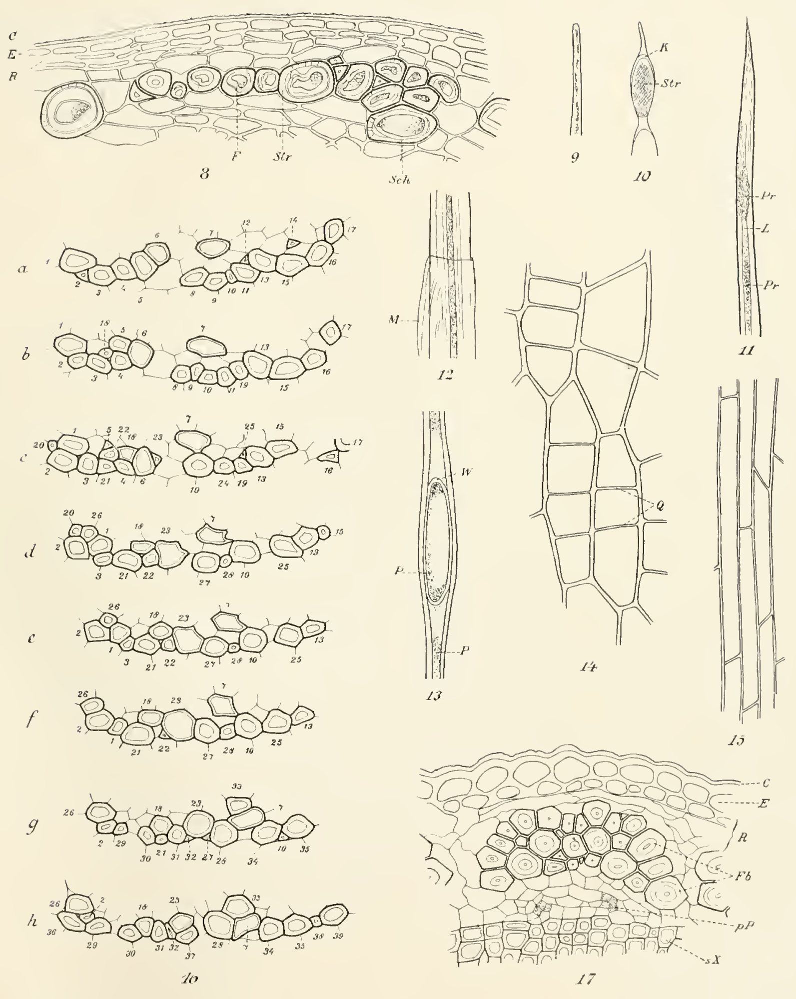
Fig. 2.





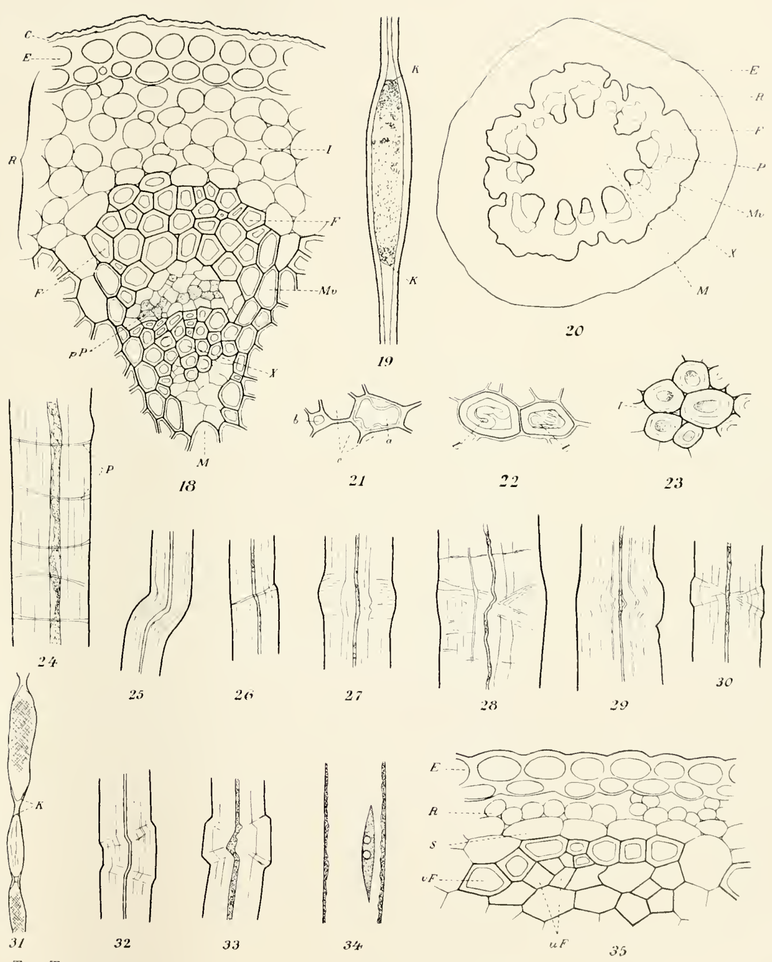
Tine Tammes, del.





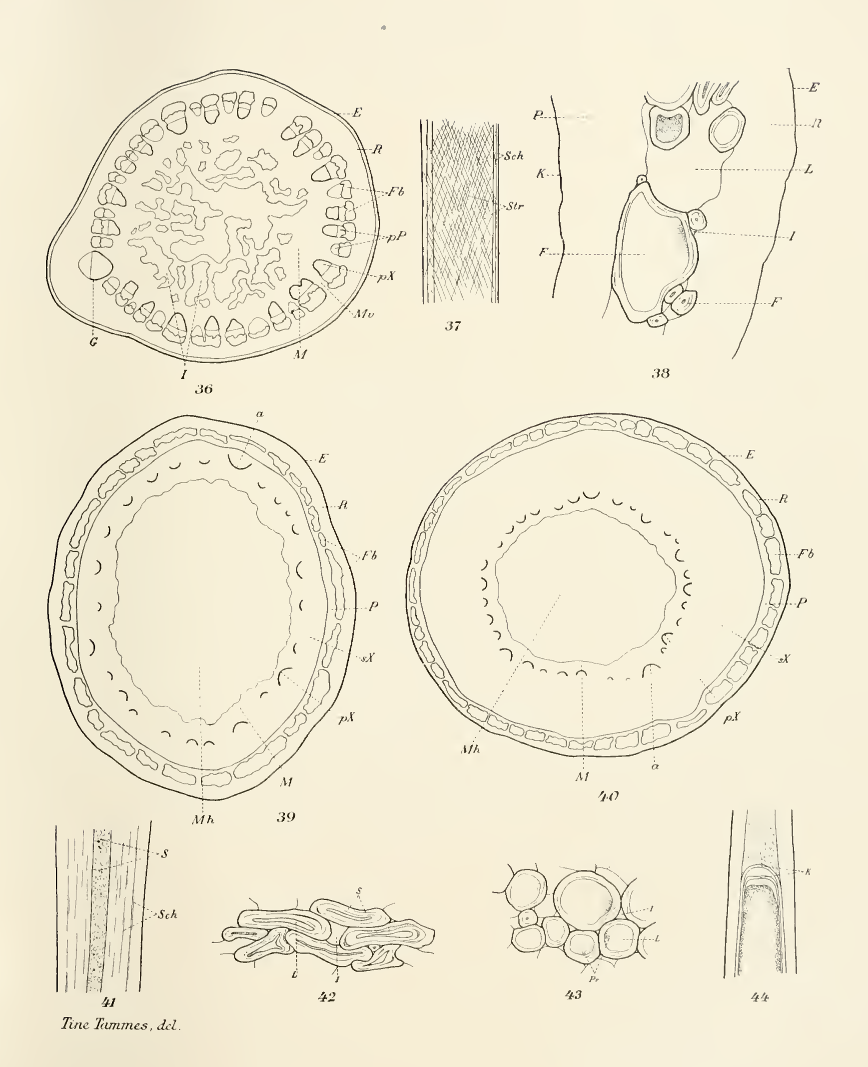
Tine Tammes, del.





Tine Tammes, del.

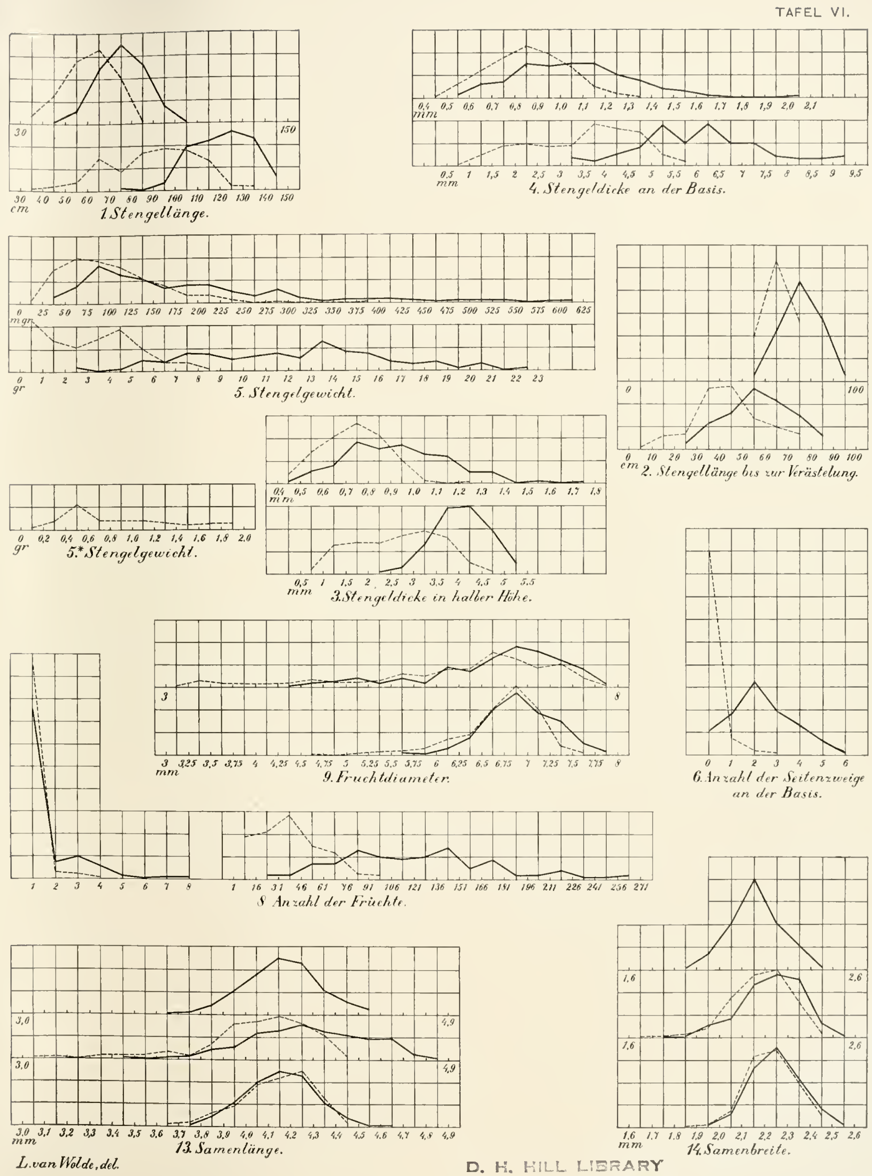




36 37 38 39 40 41 42 43 44

Tine Tammes, del.




1. Stengellänge.
4. Stengeldicke an der Basis.
5. Stengelgewicht.
2. Stengellänge bis zur Verästelung.
5.* Stengelgewicht.
3. Stengeldicke in halber Höhe.
9. Fruchtdiameter.
6. Anzahl der Seitenzweige an der Basis.
8. Anzahl der Früchte.
13. Samenlänge.
14. Samenbreite.
L. van Wolde, del.









